

UNIVERSITÉ DE PARIS

FACULTÉ DE PHARMACIE

Année 1922-23

N° 7

# LES EAUX CHLORO-SULFURÉES SODIQUES

DE

# “ MOULAY - YACCOUB ”

(MAROC)

## THÈSE

pour l'obtention du Diplôme de Docteur de l'Université de Paris  
(Pharmacie)

PAR

le Dr Eric MEYNADIER

De la Faculté de Médecine de Paris

Diplômé des Etudes Médicales Coloniales et Sanitaires Maritimes

Pharmacien de 1<sup>re</sup> Classe

Diplômé des Etudes Pharmaceutiques Coloniales

Ancien Préparateur à l'Ecole de Médecine et de Pharmacie

Licencié ès-Sciences

JURY { MM. DELÉPINE, *Président.*  
PÉRROT, *Professeur.*  
GORIS, *Agrégé.*

*Thèse*  
PARIS

AMÉDÉE LEGRAND, ÉDITEUR

93, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 93

1923







UNIVERSITÉ DE PARIS

FACULTÉ DE PHARMACIE

Année 1922-23

N° 7

# LES EAUX CHLORO-SULFURÉES SODIQUES

DE

# “MOULAY-YACCOUB”

(MAROC)

## THÈSE

pour l'obtention du Diplôme de Docteur de l'Université de Paris  
(Pharmacie)

PAR

le Dr Eric MEYNADIER

De la Faculté de Médecine de Paris

Diplômé des Etudes Médicales Coloniales et Sanitaires Maritimes

Pharmacien de 1<sup>re</sup> Classe

Diplômé des Etudes Pharmaceutiques Coloniales

Ancien Préparateur à l'Ecole de Médecine et de Pharmacie

Licencié ès-Sciences

JURY { MM. DELÉPINE, *Président.*  
PERROT, *Professeur.*  
GORIS, *Agrégé.*

PARIS

AMÉDÉE LEGRAND, ÉDITEUR

93, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 93

1923

# PERSONNEL DE LA FACULTÉ DE PHARMACIE DE PARIS

## ADMINISTRATION

MM. RADAIS, Doyen, ✱, U I.  
E. PERROT, Assesseur, O, ✱, U I.  
G. DURSENT, Secrétaire, ✱, U I.

## PROFESSEURS

|                                           |                                     |
|-------------------------------------------|-------------------------------------|
| MM. GUIGNARD, Membre de l'Institut,       |                                     |
| C. ✱, U I.....                            | Botanique générale.                 |
| VILLIERS, ✱, U I.....                     | Chimie analytique.                  |
| H. GAUTIER, O, ✱, U I.....                | Chimie minérale.                    |
| RADAIS, ✱, U I.....                       | Cryptogamie et Microbiologie.       |
| BÉHAL, Membre de l'Institut               |                                     |
| C. ✱, U I.....                            | Chimie organique.                   |
| PERROT, O, ✱, U I.....                    | Histoire naturelle des médicaments. |
| COUTIÈRE, ✱, U I.....                     | Zoologie.                           |
| BERTHELOT, Membre de l'Institut, U I..... | Physique.                           |
| GRIMBERT, ✱, U I.....                     | Chimie biologique.                  |
| LEBEAU, O, ✱, U I.....                    | Pharmacie chimique.                 |
| DELÉPINE, ✱, U I.....                     | Hydrologie et Hygiène.              |
| GUERBET, U I.....                         | Toxicologie.                        |
| BOUGAULT, U I.....                        | Pharmacie galénique.                |

*Directeurs honoraires* : M. GUIGNARD, C, ✱, U I., et H. GAUTIER, O, ✱, I, U

*Professeur honoraire* : M. MOUREU, C, ✱, U I.

## CHARGÉS DE COURS

|                            |                                           |
|----------------------------|-------------------------------------------|
| MM. TASSILLY, ✱, U I.....  | Minéralogie.                              |
| MARC HONNORAT, ✱, U I..... | Législat. et Déontologie pharmaceutiques. |
| LUTZ, U I.....             | Cryptogamie.                              |

## AGRÉGÉS EN EXERCICE

|                    |                  |                    |
|--------------------|------------------|--------------------|
| MM. SOMMELET, U I. | MM. GUÉRIN, U I. | MM. GORIS, ✱, U.A. |
| DAMIENS, U.A.      | LUTZ, U I.       | LAUNOY, ✱, U.A.    |
| TASSILLY, ✱, U I.  |                  | HÉRISSEY, ✱, U I.  |

## CHEFS DES TRAVAUX PRATIQUES

|                          |                                       |
|--------------------------|---------------------------------------|
| MM. DEFACQZ, ✱, U I..... | Chimie générale.                      |
| COUSIN, U I.....         | Chimie analytique.                    |
| SOUÈGES, U I.....        | Micrographie.                         |
| LEROUX, U I.....         | Physique.                             |
| DEVAL, U I.....          | Microbiologie.                        |
| FRANÇOIS, ✱, U I.....    | Trav. génér. de 4 <sup>e</sup> année. |

*Chef du Laboratoire des examens pratiques* : M. JAVILLIER, ✱, U I.

*Bibliothécaire en chef* : M. BARRAU-DIHIGO, U I.



A LA MÉMOIRE DE MON PÈRE

A LA MÉMOIRE DE MON FRÈRE

GEORGES MEYNADIER

A LA MÉMOIRE DE MON ONCLE

LE DOCTEUR CHARLES ROUX

CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

THE MEMORIAL OF THE

THE MEMORIAL OF THE

THE MEMORIAL OF THE

THE MEMORIAL OF THE

THE MEMORIAL OF THE

THE MEMORIAL OF THE

A MA MÈRE

A MON FRÈRE

LE DOCTEUR MAURICE MEYNADIER

MÉDECIN-CHEF DU DISPENSAIRE PROPHYLACTIQUE  
DE RABAT

A MES SŒURS

*Faible témoignage de reconnaissance et  
de profonde affection.*



A MA TANTE

A MES PARENTS

A MES AMIS



A MONSIEUR LE MARÉCHAL LYAUTEY  
Commissaire Résident Général de France  
au Maroc.

Monsieur le Maréchal,

C'est avec une bien vive émotion qu'il nous est donné aujourd'hui l'honneur insigne de vous apporter le témoignage de la promesse que nous vous fîmes au lendemain des événements tragiques de Fez.

Vous avez bien voulu, à cette époque, permettre au jeune étudiant que nous étions, de s'installer dans le Protectorat Marocain. Nous n'avons pas oublié la bienveillance toute particulière que vous nous avez prodiguée et nous avons tenu à vous donner ici, le gage de notre profonde gratitude.

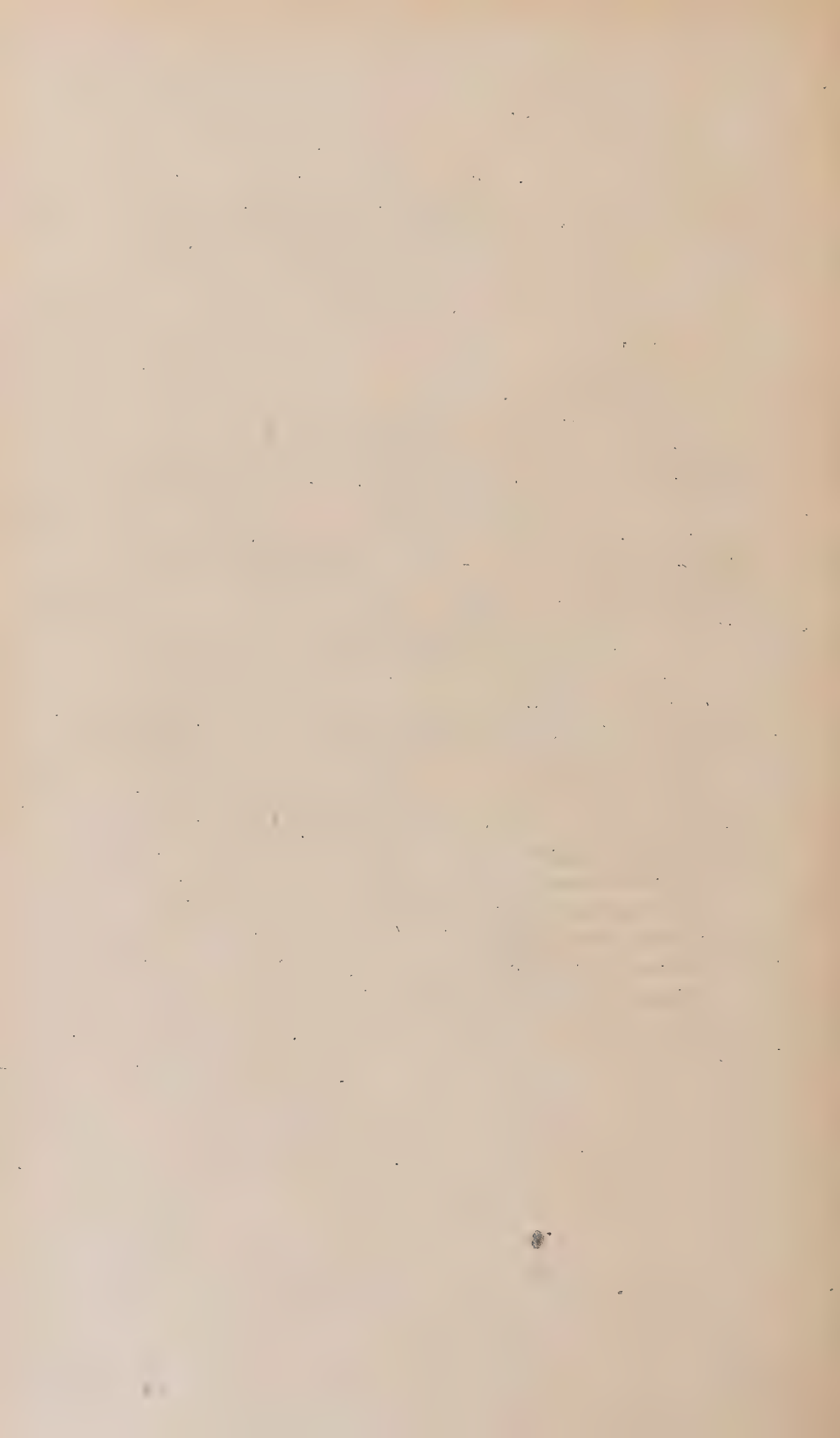
Certes, des événements douloureux se sont déroulés depuis, mais il nous a été donné d'en sortir le front haut, avec la sérénité du devoir accompli.

Profondément attaché à ce pays que vous nous avez conservé plus beau et plus prospère que jamais, il nous est infiniment agréable de rendre hommage à tout ce que nous vous devons.

C'est pourquoi, dans les modestes travaux scientifiques que nous avons entrepris, nous avons choisi des sujets intéressant la colonie.

Puissions-nous ainsi, contribuer à faire mieux connaître le joyau que vous avez donné à la France.

D<sup>r</sup> ERIC MEYNADIER.



A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

M. LE PROFESSEUR DELÉPINE

PHARMACIEN DES HÔPITAUX DE PARIS

CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

*Hommage de profonde reconnaissance  
et de respectueux attachement.*



## INTRODUCTION

---

Les eaux minérales marocaines ne semblent pas, jusqu'ici, avoir été l'objet d'études vraiment scientifiques. Elles sont cependant nombreuses ; répandues sur tout le territoire, elles abondent dans les vallées qu'encadrent les hautes montagnes de l'Atlas, où coulent de nombreux Oueds ; presque toutes sont thermales.

Mais, tandis qu'en Algérie ou en Tunisie la plupart des eaux minérales ont été captées et analysées, au Maroc rien, ou presque rien, n'a encore été fait. Connues seulement des indigènes, elles coulent librement et servent surtout aux besoins domestiques.

Une seule source ayant subi quelques aménagements, très primitifs du reste, est utilisée dans un but thérapeutique, c'est la station sulfureuse de « Moulay-Yacoub » justement célèbre dans toute l'Afrique du Nord.

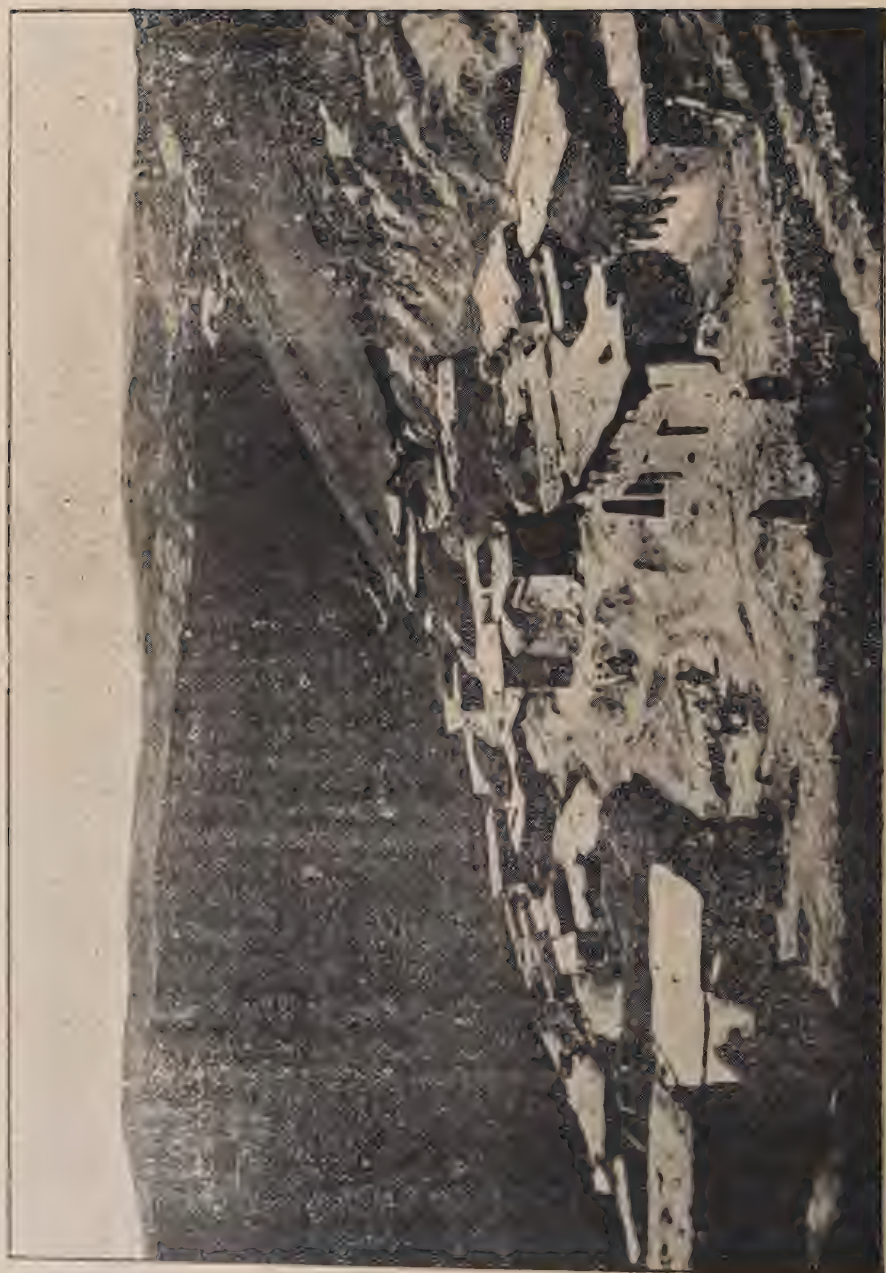
Moulay-Yacoub est un gros douar situé à vingt kilomètres environ de Fez, dans la direction du Nord-Ouest. Venant de la capitale marocaine, on y accède par une piste qui serpente dans les massifs montagneux séparant Fez de Meknès ; des pentes abruptes entourent le fond de l'entonnoir où jaillissent les sources et où s'étale le village.

La découverte des sources thermales de Moulay-Yacoub et leur utilisation thérapeutique remonteraient — s'il faut en croire la légende — au <sup>xii</sup><sup>e</sup> siècle.

Nous trouvons, en effet, dans le « Kittab el Isticca » (1) le passage suivant :

---

(1) Ouvrage faisant partie de la bibliothèque de Karaouyne (Fez.)



Vue générale du Moulay-Yacoub

« C'est, en effet, il y a huit cents ans que, d'après les  
« vieux textes arabes, se répandit dans tout l'Empire du  
« Moghreb le bruit de la miraculeuse guérison du Saint  
« Homme « Moulay-Yacoub ».

« Parcourant l'empire musulman, il s'arrêta certain  
« jour à la place où s'élève aujourd'hui le douar qui porte  
« son nom, et où coulait une source dont l'eau était  
« chaude et présentait une odeur de soufre. Tandis que  
« le Saint Homme faisait les ablutions prescrites par le  
« Coran, une plaie qu'il portait à la jambe depuis long-  
« temps se mit à saigner. Ame simple et pieuse, Moulay-  
« Yacoub y vit un témoignage de l'intervention divine et  
« il rendit grâce à Allah, qui expurgeait son corps du  
« venin entretenant sa plaie. Et bientôt, après quelques  
« jours passés auprès de cette source bienfaisante, com-  
« plètement guéri, le nomade, reprenant sa vie errante,  
« alla proclamer partout la merveilleuse vertu des eaux  
« qui l'avaient sauvé. »

De tout l'empire accoururent alors des Indigènes qui  
vinrent demander aux eaux la cicatrisation de plaies in-  
guérissables, quelques tentes se dressèrent et les sources  
furent sommairement captées.

Les guérisons y devinrent si nombreuses et si rapides  
qu'elles parurent miraculeuses, et la contrée devint un  
lieu de pèlerinage, rapidement exploité par ceux qui, les  
premiers, s'y étaient installés.

Le village ainsi créé prit le nom de Moulay-Yacoub, et  
les habitants du douar élevèrent un tombeau et une mo-  
deste chapelle au Saint Homme, que venaient invoquer  
les pèlerins, car la cure s'accompagnait de rites en l'hon-  
neur du Chérif défunt et de sa fille, Lalla Chaffia, con-  
sidérée elle aussi comme une sainte.

La vertu curative des eaux n'eût pas suffi à attirer les  
foules : adroitement, ceux qui s'étaient installés près de

la source, prétendant en tirer revenu, lui adjoignirent le mythe religieux. Car le seul Moulay-Yacoub qui ait existé, « Moulay-Yacoub el Cheger », a son tombeau véritable au Kandar, où il est mort sans laisser de postérité, ainsi qu'en fait foi le « Kittab el Isticca ».

Toutefois, même aujourd'hui encore, les cérémonies religieuses persistent, tous les malades vont faire une ou plusieurs visites au tombeau du Saint, les femmes chantent, dansent suivant la coutume particulière à leur tribu, poussent des « You-You » en son honneur, une suite ininterrompue de suppliantes gravit l'abrupt sentier du mausolée de Lalla Chaffia, et chaque pèlerin emporte religieusement quelques parcelles de la terre bénie recouvrant le tombeau, achetée contre argent comptant aux Chōrfas (1) adjudicataires, qui se hâtent de la remplacer.

Ainsi, la puissance attractive de l'intervention miraculeuse, sagement exploitée par les habitants du douar, n'est en rien diminuée.

C'est, en effet, de toutes les régions marocaines, depuis le Riff jusqu'à l'Atlas, du Sous à Taza, qu'affluent les pèlerins, et aux époques favorables de l'année — printemps et automne — le nombre des baigneurs dépasse cinq cents par jour.

Là, tous les pays, toutes les classes sont mêlés. Tous ceux que la « Grande Maladie » (2) atteint gravement, et qu'un traitement par la « Hajha » n'a pu améliorer, viennent demander leur guérison. On y voit des pauvres venus à pied, exténués par de longues marches à travers la steppe marocaine, on y voit de riches « Fasis » sur leur monture, on y voit des guerriers montés sur des chevaux fringants couverts de tapis multicolores, et tous

---

(1) Titre nobiliaire désignant les descendants du prophète

(2) Expression servant à désigner la syphilis.



L'entrée de la piscine et jets de la source

invoquent le Saint Moulay-Yacoub, tous prient avec la même ferveur.

Hélas ! si les rites religieux sont scrupuleusement accomplis, les règles de la plus élémentaire hygiène n'y sont guère observées. Dans ce vaste campement, pas d'eau potable, pas d'égouts, pas de routes ; les musulmans fatalistes ne font rien pour l'embellissement de la station, où règne d'ailleurs la plus répugnante malpropreté.

Des centaines de voyageurs déposent partout, près des habitations, ordures et immondices, dont les fétides émanations sont heureusement masquées par l'odeur sulfurée des sources.

La station thermale comprend une source principale et quelques résurgences secondaires. La grande source (température  $T = +53^{\circ}5$ ) a son origine au sommet du douar qu'elle traverse dans une canalisation ouverte sur la majeure partie de son trajet, avant d'arriver à la piscine des hommes, où elle tombe en un jet puissant d'une hauteur de 3 mètres environ ( $T = +46^{\circ}$ ). Les eaux laissent sur leur parcours un dépôt abondant de soufre d'aspect blanchâtre.

Sur la canalisation, tout proche de la piscine, à l'abri d'une mince barrière de roseaux et de quelques étoffes, les croyants font leurs ablutions rituelles. La température moyenne du bain est  $+44^{\circ}$ . La piscine des femmes ( $T = +43^{\circ}$ ), moins favorisée, ne reçoit que le trop-plein de la piscine des hommes.

L'eau tombe d'une plus grande hauteur, mais le débit est moindre que dans la piscine des hommes.

Une petite source fournit une douche légère et un peu haute ( $T = +48^{\circ}$ ) que peuvent supporter les enfants, c'est la source de la mère de Moulay-Yacoub.

Les résurgences secondaires n'ont pas la même vogue, mais chacune a sa vertu particulière. L'une guérit les



La pèche des hommes.

yeux ( $T = +47^{\circ}5$ ) ; l'autre les dents ( $T = +52^{\circ}$ ) ; la troisième est recommandée aux teigneux ( $T = +52^{\circ}5$ ) ; la quatrième aux femmes stériles ( $T = +48^{\circ}5$ ) ; ailleurs ( $T = +48^{\circ}$ ) les idiots, les fous, les démoniaques recouvrent leurs esprits.

Toutes ces sources secondaires sont très faibles comme débit, par rapport à la source principale, elles sont toutes situées en des points inférieurs sur le versant de la colline, la température va en s'abaissant au fur et à mesure que l'on descend vers le fond de la petite vallée ; pour nous, il n'y a qu'une source d'origine très profonde, avec fissures superficielles et trajets immédiatement sous la surface du sol, d'où déperdition légère de chaleur.

Enfin, rejoignant les sources basses, la grande source forme avec celles-ci l'Oued Moulay-Yacoub qui, après un trajet de trois kilomètres, se jette dans l'Oued Mellah, affluent lui-même de l'Oued Maikhesan.

Pour les Européens, il a été construit, sous la direction du service des renseignements, un modeste bâtiment où ont été amenées les eaux de la grande source.

Quatre petites pièces avec baignoires et douches permettent aux étrangers de goûter les bienfaits de la cure qu'ils n'oseraient suivre dans les piscines réservées aux indigènes.

C'est, en effet, dans la plus sordide malpropreté que ces derniers accomplissent le traitement thermal.

Couverts de plaies qu'ils essaient parfois d'isoler, par des voiles, du contact des mouches, ils s'accroupissent tout autour de la piscine et attendent patiemment leur tour en plein soleil. Ils y descendent par petits groupes et se placent successivement sous le jet puissant de la source, tandis qu'ils chantent à la gloire de leur Saint. Une fois le bain terminé, les baigneurs reprennent les vêtements laissés dans un abri voisin et laissent sécher leur corps au soleil brûlant, avant de s'habiller.



La piscine des femmes

Pour les femmes, l'installation est aussi précaire, elles n'ont point d'abris, une simple clôture de planches mal jointes sauvegarde leur pudeur, et la piscine, qui reçoit l'eau déjà utilisée par les hommes, s'emplit de clameurs étourdissantes, de « You-You » poussés en l'honneur du Saint.

La durée de la cure et le nombre de bains ne sont soumis à aucune règle.

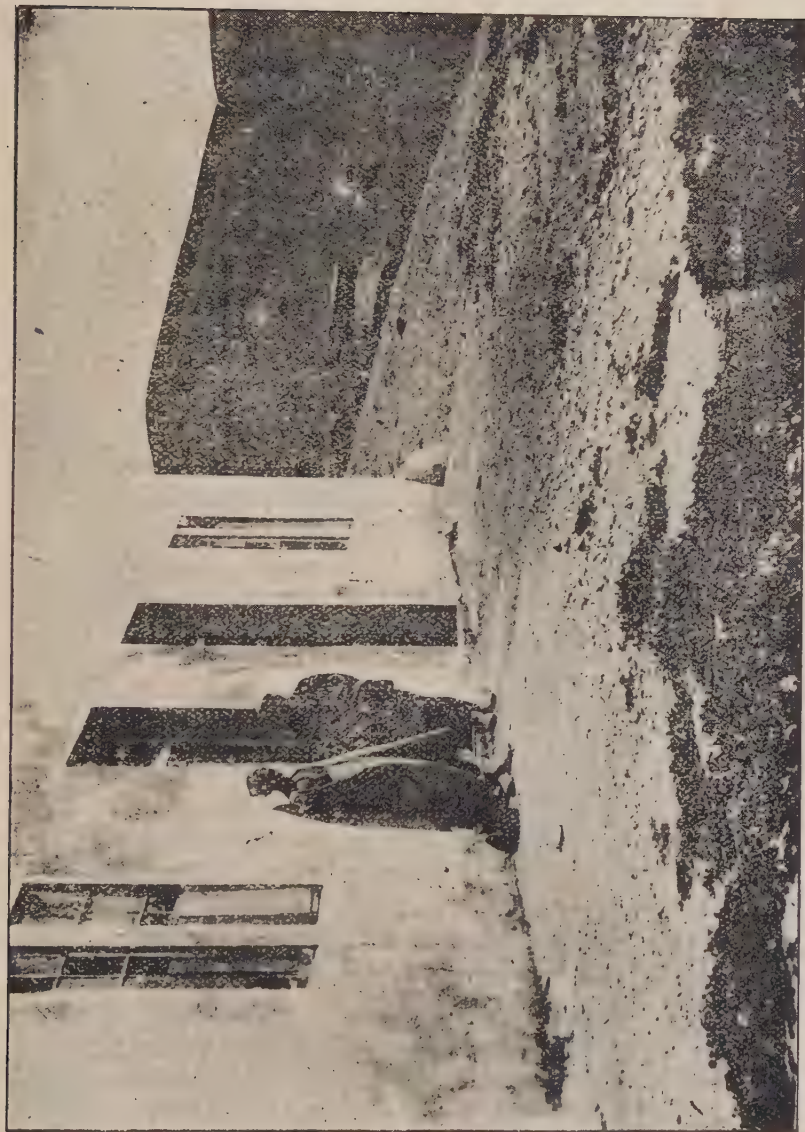
Chacun se soigne à sa guise, certains restent à la station plusieurs jours, d'autres plusieurs semaines, ces derniers sont ou de riches Arabes, ou de graves malades qui ne peuvent reprendre de suite leur route.

Mais la plupart, après un ou deux bains et une visite au tombeau du Saint, reprennent le chemin de leur douar.

Ainsi s'explique l'inefficacité si fréquente du traitement.

Et cependant, lorsque la cure thermale est soumise à certaines règles, ses effets bienfaisants sont indéniables.

---



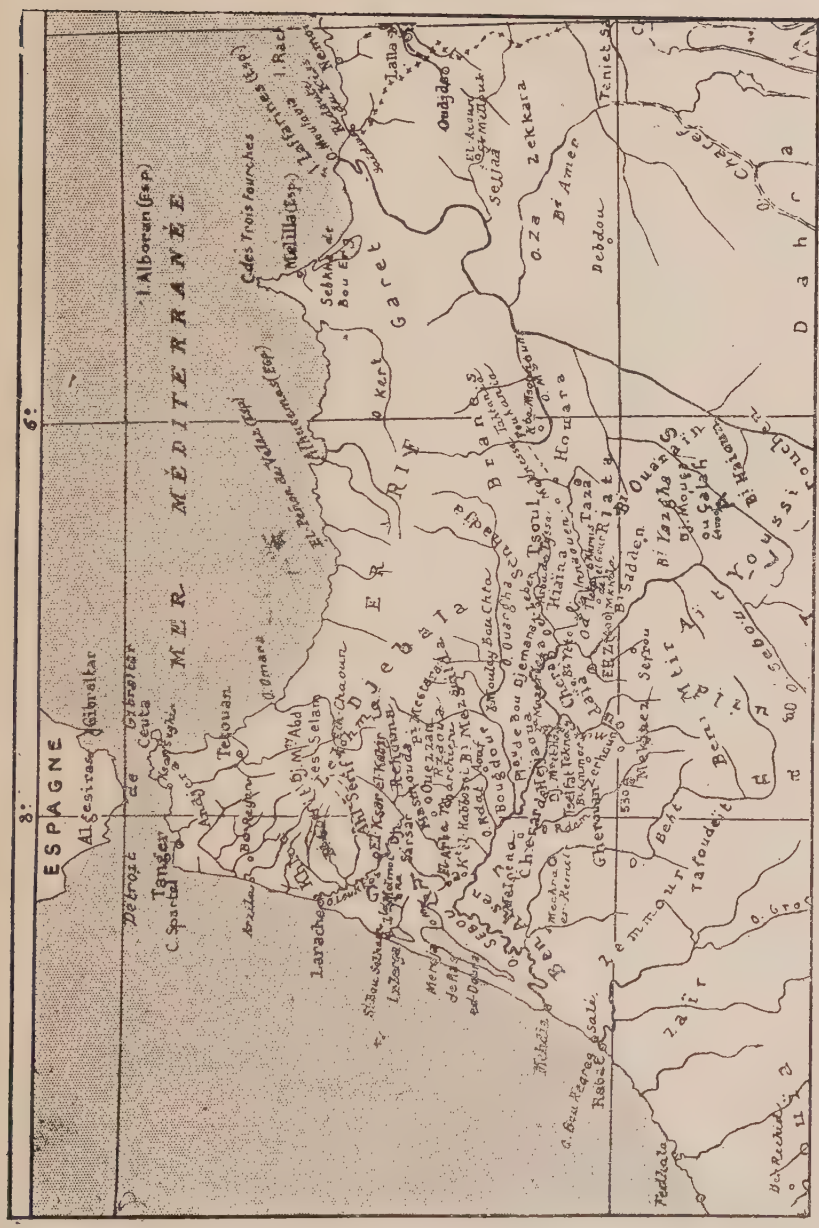
Cabines de bain à l'usage des Européens

## STRUCTURE GÉOLOGIQUE ET TOPOGRAPHIE DE LA RÉGION DE " MOULAY-YACOUB "

---

Il nous paraît nécessaire, avant tout, de donner de cette région une esquisse générale. Les phénomènes orogéniques y revêtent une telle ampleur que cette partie de l'Afrique se trouve être l'une des régions tectoniques les mieux caractérisées du bassin méditerranéen ; elle fait partie d'un triangle délimité par la Méséta marocaine et l'affaissement de la plaine du R'harb ; ce triangle a pour sommets Fez, Larache et Rabat.

Il existe dans cet ancien détroit une zone de reliefs, d'altitudes généralement inférieures à 1.000 mètres, qui dominent une sorte de couloir longeant la Méséta marocaine. Cette région montagneuse appelée *zone prérifaine* est constituée par de grandes nappes de recouvrement ayant cheminé vers le sud ; elle forme un relief continu, sensiblement est-ouest, de Taza à Meknès ; s'incurve ensuite vers le nord jusqu'à la traversée du Sebou, puis prend une orientation nord-ouest, en se dirigeant sur Tanger. Cette région montagneuse est caractérisée par trois zones stratigraphiques et tectoniques qui se différencient par la présence ou l'absence du flysch et par la *transgression du Burdigalien* (L. Gentil, M. Lugeon et L. Joleaud, C. R. Ac. Sc., t. 166, Paris, 4 février 1918).



Carte générale du Maroc

1° Au sud du Sebou, dans les chaînons de l'Outita, du Tselfatt, dans le massif du Zerhoun, et dans les montagnes du Fez, le Miocène inférieur est transgressif sur le Jurassique. Parfois il existe une discordance angulaire (environs de Petit-Jean). Dans le Zalar qui domine Fez le Burdigalien très redressé s'appuie sur le Lias. Les chaînons constitués par ces noyaux jurassiques, sont séparés par de vastes étendues de marnes helvétiques où apparaissent, çà et là, sans ordre apparent, des noyaux triasiques caractérisés par leurs dépôts salifères.

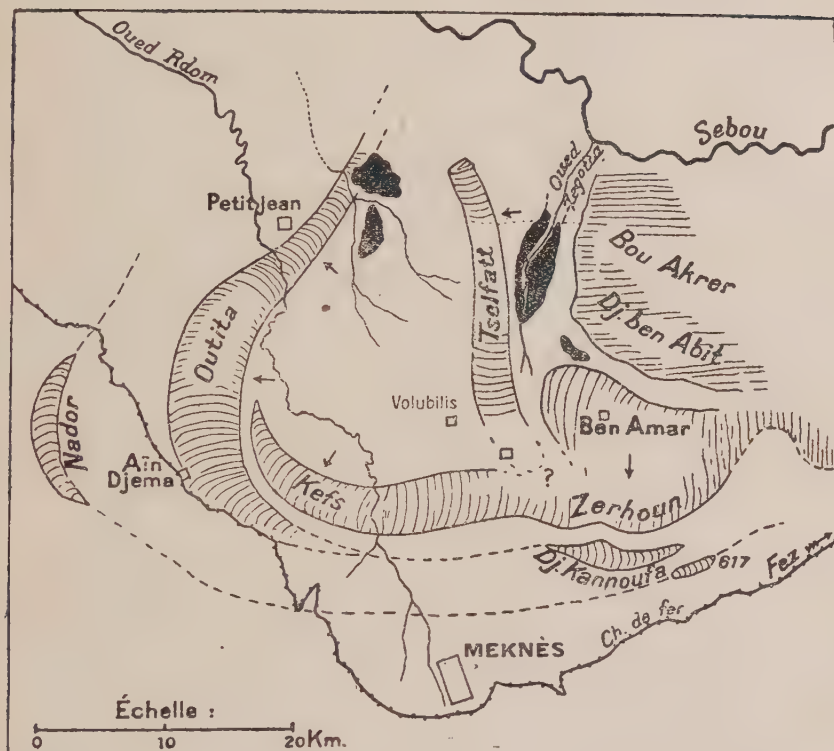
2° Sur la rive droite du Sebou, à l'est et au nord de Mechra-bel-Ksiri, les grès burdigaliens parfois épais d'une cinquantaine de mètres, reposent directement sur le Trias. On voit s'intercaler par places, entre ces grès du premier étage méditerranéen et les marnes du deuxième étage, une zone argilo-sableuse.

Dans le Djebel Kourt, qui se trouve au milieu d'un pays de marnes helvétiques, et qui est constitué par du Trias et du Miocène inférieur, dont les relations réciproques sont très compliquées, on peut également observer la transgression burdigalienne.

Il existait également une superposition du Burdigalien sur le Trias au Nord-Est de Mechra-bel-Ksiri, dans la montagne d'El Aloua. Celle-ci est formée par un anticlinal plus ou moins rompu par des failles et ne laissant apparaître que des masses isolées de grès burdigaliens ou de Trias, au milieu des marnes à foraminifères de l'Helvétien.

Au nord-est, l'anticlinal d'El Aloua se prolonge vers Souk el Arbâ du R'harb, où l'on voit du Nummulitique intercalé entre le Miocène et le Trias salifère.

3° Entre Souk el Arbâ et Arbâoua, le flysch, accompagné de Nummulitique calcaire, participe à la structure



Carte schématique des nappes pré-riftaines

L. Gentil, M. Lugeon et L. Joleaud

(C. R. Acad. Sc., t. 166, 18 fév. 1918, p. 292).

des montagnes. Sur ces terrains reposent directement les marnes helvétiques.

Ces trois zones s'échelonnent donc du sud au nord, de l'extérieur vers l'intérieur de la chaîne du Riff.

De l'exposé ci-dessus, nous pouvons donc conclure que : « la région formée par les noyaux jurassiques qui s'étend sur l'immense étendue comprise entre le Sebou et le couloir de Meknès à Fez, n'est pas autochtone ; c'est une vaste région de nappes de recouvrement dont les racines sont à rechercher dans le Riff lui-même ». Ces grandes nappes ou digitations de nappes ont une amplitude que l'on peut estimer au moins de 80 kms. Dominant cet empilement de nappes de charriage, il existe une autre masse de recouvrement plus importante encore, formée exclusivement de Trias qui devait jadis envelopper complètement toutes les nappes inférieures ; il n'en existe plus aujourd'hui que des lambeaux épars, amincis par les étirements et démantelés par l'érosion. Les vestiges forment comme de vastes lentilles enrobées dans les marnes helvétiques.

La partie méridionale de la zone pré-rifaine est limitée par une suite de reliefs en arc de cercle.

a) Chaînon de l'Outita, à peu près nord-sud, s'incurvant vers l'est dans sa partie méridionale ;

b) Chaînon du Kefs, allongé de l'ouest vers l'est ;

c) Chaînon du Zerhoun, en forme de dôme, dont le grand axe est orienté est-ouest.

On voit émerger des marnes néogènes, sous l'apparence d'un synclinal couché, les calcaires jurassiques qui, recouverts par des grès burdigaliens, forment le chaînon du Tselfatt. Mais, contre toute attente, le Burdigalien apparaît de nouveau sous le Jurassique de cette montagne reposant sur l'Helvétien. La coupe se reproduit identique

à elle-même tout le long de cette chaîne. Ce sont autant de fronts de nappes qui, au lieu d'être plongés dans les marnes helvétiques, émergent de ces dépôts miocènes. La forme arquée de ces reliefs est celle de plis frontaux.

Dans cette région nous sommes amené à admettre l'empilement de quatre nappes ou digitations à noyau jurassique se succédant de bas en haut dans l'ordre suivant : 1<sup>o</sup> nappe du Nador ; 2<sup>o</sup> nappe de l'Outita ; 3<sup>o</sup> nappe du Zerhoun ; 4<sup>o</sup> nappe du Tselfatt.

L'exposé tectonique général ci-dessus était absolument nécessaire pour expliquer la complexité de la région qui intéresse tout particulièrement le massif de Moulay-Idriss. Celui-ci se trouve dans la partie nord de la dépression du Saïs.

Nous ne nous occuperons ici que des nappes de charriage pré-rifaines, celles-ci participant seules à la constitution du massif de Moulay-Idriss.

Les formations qui prennent part à la constitution de ces nappes sont le Jurassique et le Miocène, comprenant le Burdigalien, les couches de Béni-Amar et l'Helvétien.

Au point de vue tectonique, ces nappes se présentent comme un ensemble de nappes écailleuses et d'anticlinaux diapirs (anticlinaux à noyaux perçants), développés sur la bordure des nappes rifaines.

Ils chevauchent en arc de cercle vers l'ouest, le sud-ouest et le sud.

On considère comme substratum autochtone de ces nappes, l'Helvétien du détroit Sud-Rifain.

Le massif de Moulay-Idriss émerge d'un complexe de marnes miocènes. Par le mouvement de chevauchement, ces marnes peuvent être prises et serrées entre les écailles de la nappe ; ou bien former des fragments de cuvettes dont la plus importante est celle de « Volubilis ». Cette dépression est comprise entre les écailles du Kefs et le

Djebel Outita, à l'ouest, le Djebel Tselfatt et le Djebel Kennfoud à l'est.

Pour bien comprendre certaines particularités tectoniques du massif, examinons le rapport entre le Jurassique et son enveloppe Miocène.

Nous devons distinguer dans l'enveloppe Miocène d'une part, le Burdigalien : formation principalement grésocalcaire plus ou moins compacte et peu plastique ; d'autre part, le complexe des marnes de Béni-Amar et les marnes grises helvétiques, roches non compactes et essentiellement plastiques couvrant le Burdigalien.

Le Burdigalien s'intercale donc comme une lame de séparation entre le Jurassique et la masse de marnes Miocènes. Il supporte d'un côté tout le poids de la masse puissante des marnes Miocènes jouant le rôle tectonique d'une couverture ; de l'autre côté, il couvre directement le Jurassique et se trouve ainsi en contact intime avec cette formation en voie de plissement.

On voit ainsi que pendant la formation de la nappe se produisaient des tensions dans les couches burdigaliennes plus ou moins rigides, à cause de la position spéciale que celles-ci occupaient entre ces deux formations, qui tectoniquement se comportaient différemment.

Comme résultat de cet état de choses, nous constatons que dans certains endroits, comme par exemple à l'extrémité nord-ouest de l'anticlinal du Djebel Tselfat, le Burdigalien, sous l'influence de la couverture marneuse, paraît se décoller du Jurassique pour faire corps avec la couverture helvétique, tandis que dans tout le reste de l'anticlinal, au contraire, échappé par diapirisme du poids de sa couverture marneuse, il participe à la tectonique du Jurassique.

On doit supposer, en outre, que l'enveloppe de grès burdigalienne a éclaté par des tensions, morcelée en lam-

beaux. Ces grès prennent part à la formation des écailles jurassiques.

Sur la périphérie occidentale de la nappe, on rencontre souvent le Burdigalien laminé en brèche. On peut très facilement observer cette brèche sur une distance de quelques centaines de mètres sur la route de Meknès à Rabat ; sur le versant méridional du Djebel Kefs en aval d'Ain Djema.

Sur le versant occidental de l'écaille de l'Outita, dans les gorges de Moulay-Yacoub on voit un phénomène identique. La route descendant vers le nord, dans les gorges, coupe une brèche formée par des marnes rouges et grès burdigaliens et par des calcaires jurassiques, brèche qui paraît être localisée sur le front de l'écaille.

Le Djebel Tselfat et le Djebel Kennfoud forment une crête dirigée dans son ensemble nord-sud. C'est un anticlinal qui se redresse brusquement au nord occidental de la nappe rifaine triasique qui l'entoure au nord et à l'est.

Ce mince anticlinal du Djebel Tselfat s'ouvre vers le sud, ses flancs s'écartent et il se confond avec la masse anticlinale en dôme du massif du Zerhoun.

L'anticlinal est formé par un noyau jurassique dans la constitution duquel entrent les marnes bleues liasiques, les grès rouges et calcaires de l'Aalénien couronnés par des grès et calcaires burdigaliens.

Le Burdigalien supporte le complexe de couche marneuse du Miocène moyen représenté par les marnes blanches Béni-Amar et par la masse des marnes grises helvétiques.

Le noyau jurassique est diapir et légèrement émoussé, ses flancs sont redressés.

Les couches de la ligne médiane, par contre, se présentent dans leur ensemble presque horizontales. Les

marnes bleues affleurent ici sur une grande surface, grâce à leur diapirisme.

L'enveloppe burdigalienne épouse en général la structure du noyau. Les grès se redressent en paroi sur les deux flancs de l'anticlinal, tandis que sur la crête du pli, ils sont à peine inclinés.

En somme, le soulèvement anticlinal du *Djebel Tselfat* nous présente un type anticlinal spécial dans les nappes périfaines. C'est un anticlinal de percement (diapir) dont le noyau est peut-être très déversé en profondeur, et dont le plan oriental est laminé par le poids et la poussée de la nappe rifaine, tandis que le plan occidental de l'enveloppe Miocène est sous l'influence de la masse de la dépression de « *Volubilis* ».

De ce phénomène il résulte d'une part, un décollement probable du Burdigalien de son noyau jurassique dans l'extrémité nord-ouest du *Djebel Tselfat*, l'anticlinal de l'Ain Kébrit (*Moulay-Yacoub*) et d'autre part, une faible tendance vers une structure en éventail, résultant d'un léger étranglement du noyau jurassique.

## STRATIGRAPHIE

---

Dans l'état actuel de nos connaissances, les formations géologiques qui prennent part à la constitution de cette région se répartissent comme suit :

Trias,  
Jurassique,  
Crétacé,  
Eocène,  
Miocène,  
Pliocène,  
Quaternaire.

### TRIAS

On rencontre dans le Trias des débris de toutes dimensions de roches les plus diverses. Nous y avons reconnu des roches éruptives où prédominent les diabases d'un vert brun foncé, accompagnées de granulites et d'amphibolites à grenats; des roches cristallophylliennes, des phyllithes pour la plupart; des roches calcaires représentées par des calcaires cristallins, blancs ou noirs; des marnes grises compactes d'origine bitumineuse et d'odeur souvent fétide; des roches gréseuses et argileuses, très claires tirant sur le jaune, dures et ferreuses.

Tout ce complexe de roches correspond à la base du Trias; cependant les roches calcaires occupent peut-être

un niveau supérieur à celui des roches éruptives sans qu'on puisse, toutefois, dire laquelle des deux formations est la plus récente.

Nous avons rencontré en outre, des schistes bitumineux emballés dans ces marnes triasiques, leur couleur est brun foncé, soumis à l'action des agents atmosphériques ils s'effritent habituellement ; en outre, ils contiennent des restes de poissons.

D'après la structure de la région, il semble probable que ces schistes se trouvent au niveau de la brèche de friction entre l'Eocène inférieur et le Trias, ils sont donc plus jeunes que le Trias, ils semblent appartenir au Crétacé inférieur.

La partie supérieure du Trias comprend à la base une formation gypso-salifère qui s'intercale dans les marnes bariolées offrant les teintes les plus vives, depuis le rouge lie de vin, jusqu'au pourpre caractéristique. Le gypse y est noir bitumineux et sa teneur en hydrocarbures variable et faible. Les marnes ne révèlent aucune trace de fossiles. Tantôt le sel qu'on trouve à ce niveau forme corps avec le gypse et avec les marnes rouges, tantôt il se présente sous forme de petites lentilles.

Le Trias est très développé et difficile à suivre dans les détails de son développement complet en surface. Ce sont les manifestations salines dans les Oueds et la présence des sources sulfureuses qui fournissent toujours de précieux éléments pour indiquer la présence de ces marnes bariolées à sel et gypse triasique.

#### JURASSIQUE

Le Jurassique est la formation la plus importante qui entre dans la constitution du massif. Il affleure en outre au Djebel Zalar et au Djebel Trat près de Fez. Il comprend :

- 1° A la base, des calcaires compacts ;
- 2° Un niveau de couches calcaires et de grès rougeâtres ;
- 3° Un niveau de marnes blanchâtres et calcaires marneux.

Les calcaires compacts se rencontrent dans tout le massif du Zerhoun jusqu'à la ville sainte de Moulay-Yacoub. Ils forment enfin la crête à parois abruptes du Zalar.

Il faut supposer que les calcaires couvrent les marnes helvétiques ; toutefois, il convient d'attirer l'attention sur la présence de la source thermale, sulfureuse, dans les gorges de Moulay-Yacoub sur la charnière anticlinale d'une écaille. La présence de cette source dont le débit est considérable pour ces régions, laisse supposer le gypse en profondeur, car l'hydrogène sulfuré des sources sulfureuses provient de la décomposition du gypse. Or, le gypse est connu au Maroc seulement dans le Trias. Ainsi il paraît possible que le soubassement du massif de Moulay-Idriss soit constitué en outre de l'Helvétien, dont la présence est très probable, par du Trias.

Quant aux marnes bleues jurassiques, elles sont très argileuses, compactes ou schisteuses, grises ou bleu clair, passant à des teintes très foncées.

Dans ce niveau purement marneux on rencontre des traînées de concrétions marneuses, gréseuses, compactes, riches en paillettes de mica.

Ces concrétions sont le plus souvent plates et discoïdales et se décomposent sur la surface en petits rhombes suivant un fin réseau de diaclases.

Les marnes bleues sont compactes et se détachent habituellement en gros blocs, à cassures conchoïdales, les marnes foncées s'effritent et se désagrègent en une marne légèrement schisteuse.

On rencontre surtout dans les calcaires marneux ou gréseux, des lits d'Ammonites et de nombreuses Bélemnites ; et même dans les marnes de petites Bélemnites, et des traces d'Ammonites.

Nous avons rencontré ces marnes bleues dans le massif du Zerhoun et spécialement dans sa bordure nord et est, ainsi que dans le Djebel Tselfat.

Le Djebel Outita apparaît comme le flanc ouest d'un anticlinal Nord-Sud à noyau jurassique, dans le flanc Est, en contre-bas de la côte 585, et à 450 mètres d'altitude, on trouve des couches marneuses jaunées avec *Trigonia affinis Moutierensis* (Lycett), et *Montlivaultia*. Ce même niveau se retrouve plus à l'Est à l'altitude de 70 mètres environ, à Bab Tisza, où nous avons recueilli *Trigonia affinis Moutierensis* (Lycett).

*Trigonia affinis lineolata* (ou *costata*),

*Cæloopsis affinis lunulata*,

*Parallelodon affinis Delia* (d'Orbigny),

*Cucullea* sp.

*Tancredia* sp.

*Mytilus* cf. *plicatus* Sowerby,

*Astarte* cf. *elegans*,

*Nerinea affinis acron* d'Orbigny,

*Montlivaultia* en quantité innombrables,

Astreidès.

Toutes les espèces citées plus haut sauf *Nerinea acron*, qui est de l'Oxfordien, appartiennent au Bajocien de Normandie et d'Angleterre. Toutefois, il faut attendre la découverte d'Ammonites pour émettre une opinion sur l'âge précis de ces couches, de plus le flanc ouest de l'anticlinal est occupé par le Djebel Moulay-Yacoub où les couches plongent environ 50° ouest. Les gorges de l'Oued Hammam présentent des calcaires à Bélemnites et à Brachiopodes, affectés par une faille d'où jaillit la source sulfureuse de Moulay-Yacoub.

Le Djebel Nouilet est formé de calcaires jurassiques blancs à strates horizontales.

Au flanc ouest de cette montagne, des couches jurassiques horizontales à *Perna* sont recouvertes d'un conglomérat de base Miocène vertical, passant rapidement à une molasse fine à Pectinidés avec :

*Flabellipecten Ugolinii* (Deperet et Roman),  
*Flabellipecten Koheni* (Fuchs),  
*Amussium denudatum* (Reuss),  
*Ostrea cochlear* (Poli).

C'est peut-être du Miocène moyen. Puis viennent en concordance des marnes blanches à *Ostrea cochlear* (Poli).

Plus à l'ouest, des marnes bleuâtres extraites d'un puits nous ont fourni :

*Flabellipecten fraterculus* (Sowerby),  
*Cardita intermedia* (Brocchi in Brives).  
Gastéropodes et Foraminifères nombreux.

Ces marnes représentent peut-être encore du Miocène moyen. Elles viennent s'appuyer contre les marnes blanches, mais semblent moins inclinées.

Sur la rive droite de la rivière affleurent des couches calcaires très fossilifères, nous y avons reconnu une faune méséliasique comprenant les espèces suivantes :

*Amaltheus margaritatus*, formes peu ornées figurées par Quenstedt sous le nom « *d'Ammonites amaltheus nudus* ».

*Nautilus inornatus* (Céphalopodes).  
*Pleurotomaria expansa* (Gastéropodes).  
*Pecten æquivalvis* (fragments et petits individus).  
*Lima acuticostata* (lamellibranches).

*Mytilus affinis scalprum* (échantillons à stries concentriques très marquées et interstries relevées entre la carène et le bord cardinal, à rides transversales entre la carène et le bord palléal).

*Pleuromya striatula* (lamellibranches).

*Rhynchonella curviceps* (brachiopodes).

*Zeilleria subnumismalis*.

*Terebratula sub punctata* (brachiopodes).

Cette faune présente la plus grande analogie avec celle du Domérien supérieur néritique d'une grande partie de l'Europe. Malgré l'absence d'*Amaltheus spinatus*, il semble bien, en effet, que l'on se trouve en présence de la partie supérieure de cet étage. Ce faciès a déjà été signalé au Maroc oriental près d'Oudjda par M. Louis Gentil, qui a pu établir la transgression mésoliasique en ce point. D'ailleurs, il y a rencontré :

*Zeilleria subnumismalis*,

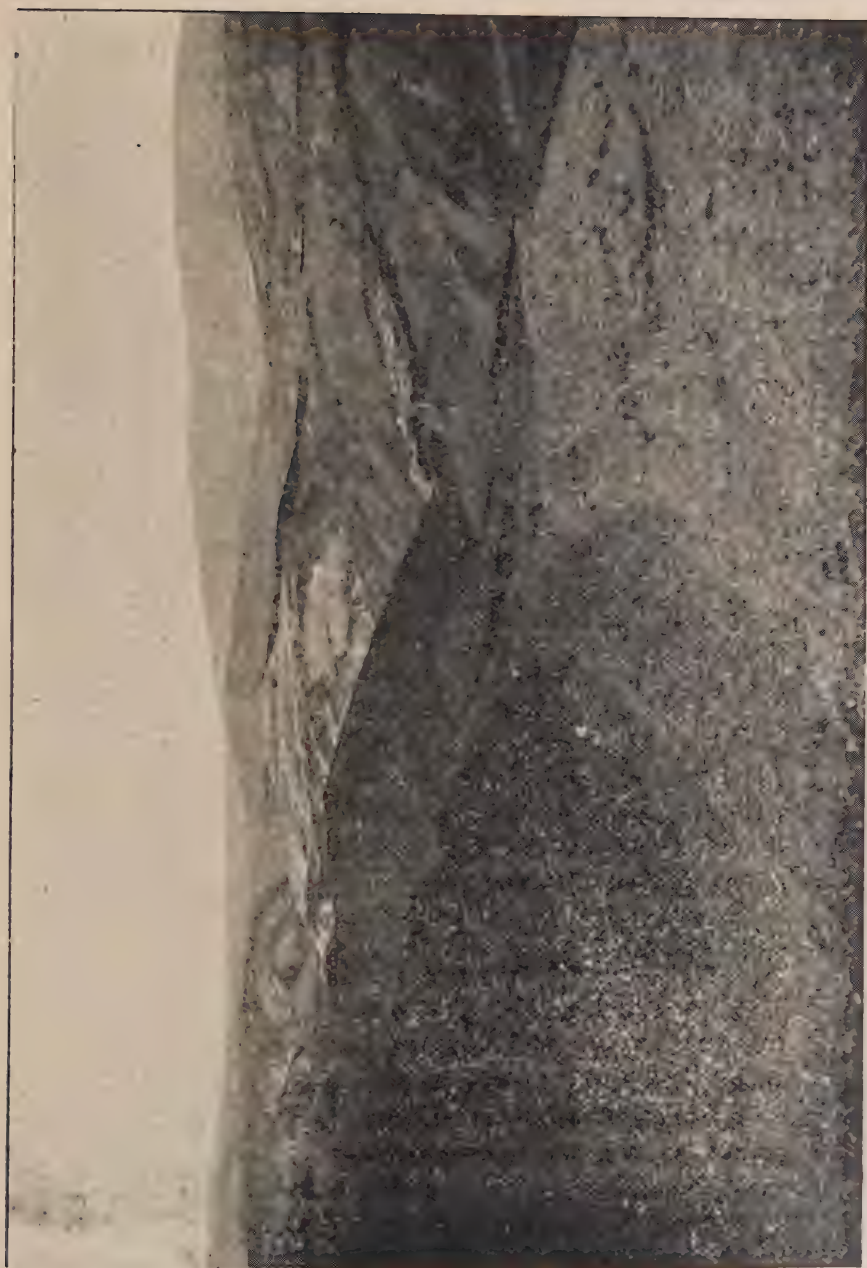
*Amaltheus margaritatus*,

*Terebratula sub punctata*.

Dans la vallée de l'Oued Zegotta se montrent d'importants affleurements triasiques formés de cargneules de calcaires dolomitiques et marnes gypso-salifères. Cette vallée correspond à une fenêtre creusée par l'érosion dans la nappe du Tselfatt. En effet, sur les hauteurs qui dominent le Zegotta à l'Ouest se dessine le pli frontal de la nappe, tandis que sur les collines du Djebel ben Abit et du Djebel Mesnara, qui se dressent à l'est, s'étale la nappe elle-même.

Les couches calcaires et les grès rougeâtres sont des bancs de grès calcaire ou calcaire gréseux, en général à Glauconie, ces couches, par altération, communiquent leur couleur rouille aux roches.

Les grès et calcaires sont de couleur grise ou brune à l'état frais, compactes et riches en Ammonites, Brachiopodes (Rynchonelles, Térébratules ; les Bélemnites sont plutôt rares). On y rencontre aussi des Nautilus, quelques Gastéropodes et des Lamellibranches.



La région de Moulay-Yacoub

Il est probable que ce niveau correspond au Lias supérieur ou plutôt à l'Aalénien.

Les calcaires marneux et les marnes blanchâtres constituent le toit jurassique ; ils sont très caractéristiques et faciles à déterminer.

Ce niveau est constitué en général par une alternance de calcaire marneux et de couches de marnes argileuses, d'un blanc mat à la surface.

Les marnes sont argileuses ou siliceuses, nettement litées, de couleur d'un banc grisâtre ou jaunâtre ; leur cassure est conchoïdale, à l'intérieur elles sont grises ou brunâtres et dans ce dernier cas légèrement bitumineuses. Habituellement onctueuses au toucher, elles se délitent en plaquettes fines homogènes ; sur la face du sol elles présentent des séparations, dans leur ensemble assez régulières, qui donnent à ces surfaces un aspect de pavage.

On y rencontre des couches très fossilifères. Les Bélemnites y figurent en très grand nombre, accompagnées de Radioles, d'Echinides et d'articles de Crinoïdes. Nous n'y avons pas rencontré d'Ammonites. Les Brachiopodes sont de même abondants à l'exception toutefois de Rhynchonelles du niveau précédent qui ont à peu près disparu. Les Lamellibranches sont rares, les Gastéropodes paraissent manquer.

Nous avons rencontré ces marnes sur presque toute la bordure du massif du Zerhoun.

#### CRÉTACÉ

Nous ne savons que fort peu de choses sur cette formation parce qu'elle paraît être développée dans des régions inaccessibles. Dans les marnes, nous avons rencontré une empreinte d'Ammonite déroulée qui rappelle celles d'Ammonites du Crétacé inférieur de l'Algérie.

Par place on rencontre sur le sol des silex éocènes, ce qui laisse présumer la présence de l'Eocène inférieur dans cette zone.

Nous n'avons pu étudier de près cette région à cause de l'insécurité du pays ; il est probable que les schistes à poissons ainsi que les schistes bitumineux appartiennent au même système et qu'ils sont par conséquent crétacés.

#### ÉOCÈNE

L'Eocène n'a été signalé ni dans le massif de Moulay-Idriss, ni dans la Méseta.

Une étude permet de distinguer à la base des marnes blanches assez compactes, tantôt crayeuses tantôt gréseuses ou même sableuses qui sont en bancs de faible épaisseur à faces lisses de stratification. Parfois il est impossible d'y distinguer la moindre stratification. Par place on observe des intercalations d'un grès fin pulvérulent.

Les marnes contiennent toujours des Globigérines. Ces Foraminifères sont par places si abondants, que la roche devient une véritable craie à Globigérines.

Là où le contact de l'Eocène avec le Trias est découvert, il se présente comme une brèche de friction entre deux formations. Les couches ou bancs de grès sont, par place, peu disloqués et se présentent en lambeaux de couverture ; ailleurs, au contraire, ils sont fortement plissés et paraissent être refoulés dans l'Eocène inférieur.

#### MIOCÈNE

Il est représenté par le Miocène inférieur, Burdigalien, par le Miocène moyen, les couches de Béni-Amar, des marnes grises correspondant à l'Helvétien et au Tortorien fossilifère.

## BURDIGALIEN

Le Burdigalien se rencontre en général, en traînée de lambeaux de grès dans la zone des nappes Rifaines. Dans le Massif de Moulay Idriss il forme une couverture enveloppant les nappes écailleuses jurassiques. On peut compter provisoirement comme appartenant également au Burdigalien des bancs de grès jaune et sablonneux de la région des Chérarga.

Ces grès ont parfois un ciment très dur, ils sont alors caverneux. D'autres fois, au contraire, ils sont très tendres. On y distingue de petits *Pecten* et de grandes *Orbitoloides*. Ces Foraminifères sont à certains niveaux tellement abondants que la roche en est formée exclusivement.

Dans la région de Moulay-Yacoub, le Burdigalien est représenté par des grès peu durs, gris bleuâtre à l'état frais, mais en général gris ou jaunâtres près de la surface. Le grain est moyen. Ces grès sont légèrement argileux, le ciment est tendre, ils se décomposent facilement au contact de l'atmosphère.

A la base on rencontre une couche peu épaisse d'une argile parfois gréseuse, de couleur rouge vive. Ni dans cette argile, ni dans les grès qui la surmontent, on n'a signalé trace de fossile.

Dans les gorges de Moulay-Yacoub, sur la route de Meknès à Rabat, les couches rouges et claires ainsi que les grès burdigaliens forment une véritable brèche de friction avec le calcaire jurassique qui les perce.

## HELVÉTIEN

L'Helvétien est constitué par des marnes grises tantôt très argileuses, tantôt plus calcaires ou gréseuses. En général de couleur gris claire près de la surface, elles pas-



Vue générale de Moulay-Yacoub

sent par place en profondeur à des marnes gris bleu. D'autres fois, elles offrent une teinte grise très foncée, presque noire. Dans les rares affleurements elles ne présentent pas toujours une stratification facilement déchiffrable. Les marnes argileuses présentent des séparations sphéroïdales ou conchoïdales ; sur les surfaces on rencontre souvent de petits grumeaux gypseux.

Par place, elles sont assez riches en fossiles et contiennent en général, des Foraminifères, parmi lesquelles les Globigérines dominent.

#### TORTONIEN

Ce sont des grès qui s'étendent directement sur les marnes grises helvétiques au nord, bordées par des poudingues formés par des cailloux roulés, presque sphériques. On y rencontre des traces de petites huîtres. L'épaisseur de cette formation peut atteindre quelques dizaines de mètres. Ces grès tortoniens constituent un niveau aquifère des plus importants du Maroc. Ils sont très érodés et couverts en partie par un calcaire peu épais d'origine lacustre, appelé calcaire de Meknès, vraisemblablement Pliocène.

#### PLIOCÈNE

C'est probablement au Pliocène qu'il faut rattacher le calcaire lacustre de Meknès qui occupe une grande partie du plateau du Saïs. C'est un calcaire compact gris clair ou jaunâtre, sans traces d'organismes. Il est peu épais, mais il forme une couverture adhérente à son sous-bassement helvétique.

## QUATERNAIRE

Il faut citer, parmi les formations quaternaires, les sables rouges de la partie méridionale de la plaine du R'harb, formant dunes et provenant du remaniement des dépôts atlantiques Miocènes et Pliocènes.

La végétation de cette région nous paraît être du reste de la végétation tertiaire, où, jusqu'à la fin des temps glaciaires, elle existait à peu près seule avec celle du Zérhoun, puis elle a été isolée. Aux endémiques anciens, résultant de différenciations géographiques des flores tertiaires, se sont ajoutés depuis l'interruption des communications avec le Zérhoun des endémiques récents, ordinairement étroitement apparentés aux types du Zérhoun.

L'Afrique du Nord, y compris l'Atlas Saharien et le Sahara septentrional, semblent avoir joui, pendant le Miocène, d'un climat relativement humide. Toutefois on a observé dans cette région des couches gypsifères et salifères, au sommet de la série des Gour, vers la fin du Miocène.

Dès la fin du Miocène, il y a eu peut-être apparition locale de steppes dans les bassins formés. Ces régions ont donc constitué, dès cette époque lointaine, des milieux appropriés à la différenciation d'Erémophytes (plantes désertiques).

Pendant la période du Pliocène se sont formés des calcaires lacustres qu'on a rapportés au Plaisancien ; ce qui indique que, pour cette portion du Pliocène tout au moins, le climat est humide.

---

## CLIMAT

---

Dans cette région du Maroc les grands froids et les fortes chaleurs sont assez rares ; le thermomètre ne s'abaisse jamais à 0 degré et ne dépasse qu'exceptionnellement 45°. Sur ce territoire sec et dénudé, de grosses variations de température existent entre les saisons et même aux diverses heures de la journée.

Le climat est caractérisé par des extrêmes entre la saison chaude et la saison froide. A l'influence de l'altitude vient se joindre la situation continentale du pays. En 1919 le maximum barométrique a été de 775 mm. en février, et le minimum de 746 mm. en mars ; la moyenne de l'année fut de 762 mm. 12. En cette même année 1919, le maximum thermométrique fut de 47° C. les 16, 17, 18, 22 et 29 juin ; le minimum : 4° C. se présenta les 15 et 16 janvier ; la moyenne fut de 20°.

Malgré le Chergui (1) particulièrement incommode, le climat de Moulay-Yacoub n'est pas insalubre, les populations indigènes qui y vivent sont vigoureuses et saines.

En 1919, les vents ont soufflé Nord : 9 fois ; Nord-Est : 567 fois ; Est : 5 fois ; Sud-Est : 5 fois ; Sud : 18 fois ; Sud-Ouest : 27 fois ; Ouest : 112 fois ; Nord-Ouest : 2 fois. C'est donc le vent du Nord-Est qui prédomine aux mois de juin, juillet, août et septembre.

---

(1) Vent du Sud.

Enfin l'état du ciel a été noté durant 532 jours et nous avons observé 144 jours couverts, 38 jours brumeux ; pendant 331 jours l'atmosphère était limpide et calme ; pendant 19 jours le temps s'est montré variable.

---

## FLORE ET FAUNE

---

Parmi les espèces végétales qui croissent dans cette région, on rencontre le doum, *Chamaerops humilis* L., le chich, *Artemisia Herba-alba* L. et le harmel, *Peganum Harmala* L.

Les forêts proprement dites n'existent plus ; la tradition rapporte qu'il y en avait, en tout cas il n'existe plus actuellement que quelques rares betoum (pistachiers de l'Atlas), *Pistacia atlantica* Desf., qui jalonnent certains thalwegs ; sur les rives de l'Oued Moulay-Yacoub croissent de nombreux tarfa (tamaris africain) *Tamarix africana* Poir. et, près de Mohammed el Ouezzani des Cèdres *Cedrus atlantica* Manetti et des touffes de lotier *Lotus corniculatus* L.

Les eaux stagnantes produisent une végétation de jones (semar) *Juncus communis* E. Mey. et de massettes *Typha latifolia* L.

La flore rappelle celle de la province d'Oran, elle présente un aspect général analogue. Le doum ou palmier nain creuse de sa tige rampante la surface des plaines incultes pendant que, sur les plateaux, les oliviers atteignent les proportions des marronniers en France. Dans la plaine, avec le palmier nain, on trouve également :

*Chenopodium frutescens* L.,

*Zizyphus Lotus* L.,

*Artemisia Herba-alba* L.,

*Peganum Harmala* L.,

*Withania frutescens* Pauq.,  
*Selaginella rupestris*,  
*Stachys saxicola* Coss. et Bal.,  
*Lavandula pedunculata* Car.,  
*Andropogon laniger* Desf.

La faune sauvage comprend :

Le chacal, *Canis aureus* (L.) ;  
Le renard, *Vulpes vulgaris* (L.) ;  
La gazelle, *Antilope dorcas* (Licht.) ;  
Le lièvre, *Lepus timidus* (L.) ;  
Le hérisson, *Erinaceus Europaeus* (L.) ;  
Le porc épic, *Hystrix cristata* (L.) ;  
La tortue, *Testudo graeca* (L.) ;  
La poule de Carthage, *Gallinula chloropus* (L.) ;  
La grosse outarde, *Otis tarda* (L.) ;  
La canepetière, *Tetrax-tetrax* (L.) ;  
La perdrix rouge, *Caccabis rufa* (L.) ;  
La caille, *Coturnix coturnix* (L.) ;  
Le pluvier doré, *Charadrius apricarius* (L.) ;  
Le courlis, *numenius arquatus* (L.).

Dans les régions marécageuses on rencontre des oiseaux aquatiques :

La cigogne, *Ciconia-ciconia* (L.) ;  
Le héron, *Ardea cinerea* (L.) ;  
La grue, *Grus grus* (L.) ;  
L'aigrette, *Herodias alba* (L.) ;  
La bécassine, *Gallinula chloropus* (L.) ;  
Le canard, *Anas boschas* (L.) ;  
La sarcelle, *Anas querquedula* (L.).

Parmi les oiseaux notons encore :

L'aigle, *Aquila chrysaetus* (L.) ;  
Le vautour, *Gyps fulvus* (L.) ;

- Le faucon, *Falco peregrinus* (Tunstall.) ;  
La pie, *Picus canus viridicanus* (Wolf.) ;  
La chouette, *Athene noctua* (Scop.) ;  
Le geai bleu, *Coracias garrulus* (L.) ;  
Le corbeau, *Corvus corax corax* (L.) ;  
La huppe, *Upupa epops* (L.) ;  
L'étourneau, *Sturnus vulgaris* (L.) ;  
Le merle à bec jaune, *Turdus vulgaris* (L.) ;  
Le ramier, *Columba palumbus* (L.) ;  
La tourterelle, *Tutur-turtur* (L.).
-



## DEGRE HYDROTIMÉTRIQUE

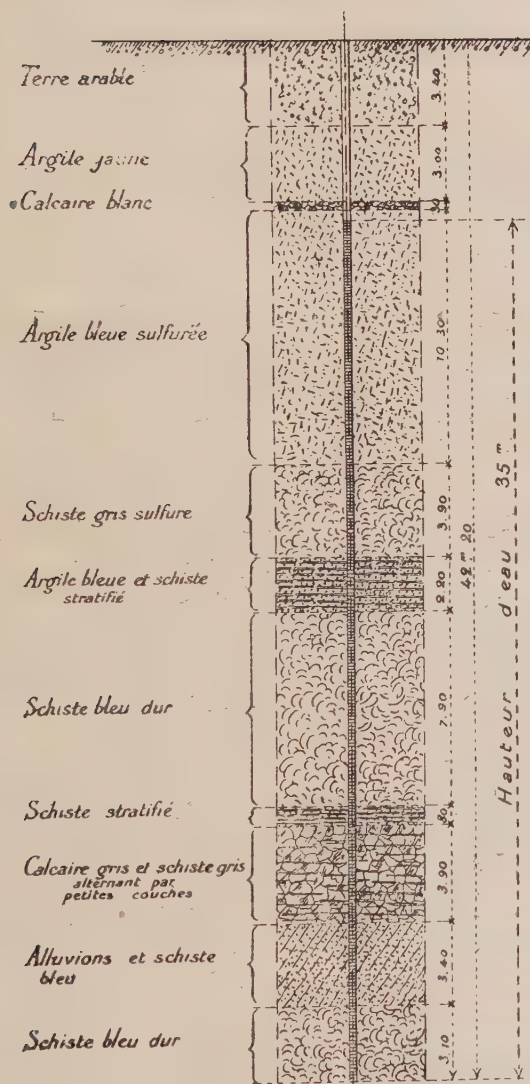
---

La région est très cultivée, très peuplée, mais particulièrement pauvre en points d'eau, surtout en points d'eau potable.

L'Oued-Mellah, qui l'arrose, tire son nom du fait que ses eaux sont très chargées de chlorure de sodium ; il reçoit de plus les eaux sulfureuses de Moulay-Yacoub, ce qui contribue à en faire une eau absolument impropre à la consommation.

Nous avons relaté que les indigènes s'alimentent avec de l'eau puisée dans de nombreux trous creusés par eux à flanc de coteau, trous très peu profonds qui emmagasinent de rares eaux d'infiltration et de ruissellement, toujours très chargées en chlorures. Les moins chargées servent à la consommation des indigènes, les plus chargées sont réservées aux animaux. Quatre analyses d'échantillons d'eau prélevés en différents points, nous ont donné comme résultat : 304, 731, 807 et 1.534 milligrammes de chlorures en NaCl par litre. Plusieurs forages furent entrepris, le premier a été exécuté aux abords immédiats du douar Baresesa à cinq cents mètres environ de ce dernier, en descendant sur l'Oued Mellah (voir carte).

Les analyses de l'eau nous ont donné de mauvais résultats ; sept échantillons d'eau pris à des hauteurs et à des jours différents ont fourni les degrés hydrotimétriques suivants :



Sondage effectué aux abords de Si Mohamed el Ouazani (Oudala)

Echantillon pris à 9 m. 50 de profondeur :

| 1 <sup>er</sup> jour | 2 <sup>e</sup> jour | 3 <sup>e</sup> jour | 4 <sup>e</sup> jour |
|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 49                   | 19                  | 12                  | »                   |

Echantillon pris à 32 m. 50 de profondeur :

| 1 <sup>er</sup> jour | 2 <sup>e</sup> jour | 3 <sup>e</sup> jour | 4 <sup>e</sup> jour |
|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 23                   | 15                  | 11                  | 11                  |

Ces degrés hydrotimétriques sont bons, mais la teneur de ces échantillons en chlorure de sodium qui dépasse, dans tous, 7 grammes par litre, en fait des eaux impropres à la consommation.

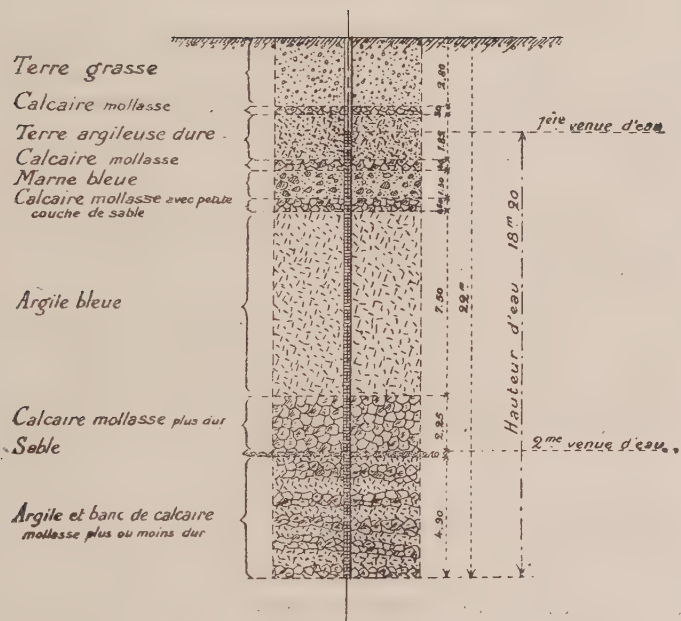
La coupe géologique ci-jointe montre les couches traversées. Ce sont des dépôts argileux dans la forme tendre et dans la forme compacte, argile jaune, marne bleue et schiste qui alternent avec des calcaires siliceux.

Ces terrains appartiennent à l'ère tertiaire. N'ayant rencontré aucun fossile, il est difficile, sur ces simples données, de déterminer à quelle série de ce groupe ils appartiennent. Il semble néanmoins que c'est à la série Oligocène qu'il conviendrait de les rattacher.

Le deuxième forage a été entrepris dans une dépression perpendiculaire à la rive droite de l'Oued Mellah et situé à environ 1800 mètres à l'est du village (voir carte).

Les couches relevées de cette dépression laissent sourdre en différents points des petits filets d'eau. Il en fut prélevé trois échantillons dont les analyses nous donnèrent les résultats suivants :

| Emplacement des prises d'échantillons | Degré hydrotimétrique total | Chlorures en NaCl par litre | Nitrites |
|---------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------|
| Bas de la dépression                  | 28                          | 807 milligr.                | Absence  |
| Milieu de la dépres.                  | 131                         | 1535 milligr.               | Absence  |
| Haut de la dépression                 | 16                          | 304 milligr.                | Absence  |



2<sup>e</sup> sondage effectué aux abords de Si Mohamed el Ouazani (Oudaïa)

Etant donné l'inclinaison des couches, les résultats de l'analyse décidèrent de l'emplacement du forage qui fut exécuté dans le haut de la dépression.

La hauteur de l'eau dans le forage était de 18 m. 20. Cette eau fut rencontrée en deux points :

1° Entre 3 m. 10 et 3 m. 80 de profondeur ; là, elle coule dans une couche de calcaire molasse décomposée, reposant sur une couche de sable, située à la base d'un calcaire molasse, plus dur, et au-dessus d'une couche d'argile.

Nous fîmes plusieurs prélèvements d'échantillons d'eau à des hauteurs et à des jours différents. Les résultats des analyses sont les suivants :

Echantillon n° 1 prélevé à 3 m. 60 de profondeur le 1<sup>er</sup> jour :

| Degré hydrotimétrique total | Chlorures en NaCl p. l. | Nitrites |
|-----------------------------|-------------------------|----------|
| 10                          | 1 gr. 785               | présence |

Echantillon n° 2 prélevé à 5 m. 20 de profondeur 3 jours après :

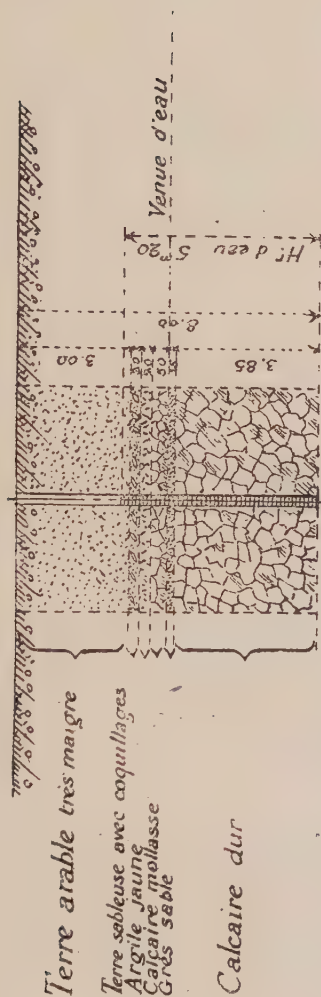
| Degré hydrotimétrique total | Chlorures en NaCl p. l. | Nitrites    |
|-----------------------------|-------------------------|-------------|
| 10                          | 1 gr. 591               | traces lég. |

Echantillon n° 3 prélevé à 16 m. de profondeur, 12 jours après :

| Degré hydrotimétrique | Chlorures en NaCl p. l. | Nitrites |
|-----------------------|-------------------------|----------|
| 10                    | 1 gr. 696               | absence  |

Echantillon n° 4 prélevé 25 jours après à 18 m. 20 :

| Degré hydrotimétrique total | Chlorures en NaCl p. l. | Nitrites |
|-----------------------------|-------------------------|----------|
| 10                          | 1 gr. 298               | néant    |



3<sup>e</sup> sondage effectué aux abords de Si Mohamed el Ouazani (Oudaia)

Ces eaux sont bonnes, car leurs degrés hydrotimétriques ne dépassent pas 10. La teneur en chlorure de sodium, 1 gr. 298, quelque peu élevée, n'en fait pas une eau impropre à la consommation.

Il est du reste à remarquer que les épuisements ont fait baisser dans l'échantillon n° 4 la teneur en chlorure de sodium et fait disparaître les nitrites.

L'examen de la coupe géologique nous enseigne que nous nous trouvons toujours dans l'étage tertiaire ; les argiles et les marnes alternant avec le calcaire mollassique et gréseux.

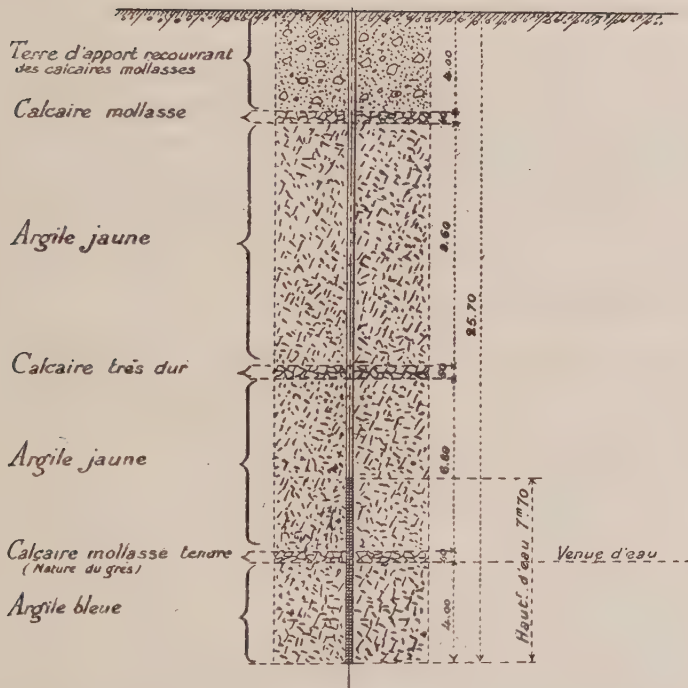
N'ayant rencontré aucun fossile, il est difficile de déterminer à quelle série de ce groupe ils appartiennent. Il semble néanmoins que c'est à la série du Miocène qu'il conviendrait de les rattacher.

Au point de vue hydrologique, les eaux rencontrées sont des eaux pluviales absorbées soit à la surface du sol, soit à travers les calcaires fissurés, par les grès miocènes friables et sableux reposant sur des marnes argileuses miocènes imperméables.

Un troisième forage a été entrepris dans la dépression située à environ 2 kilomètres au nord-ouest des douars. Cette dépression, orientée nord-sud, prend naissance au sud, immédiatement derrière « Douar El Adame » (voir carte).

Une venue d'eau a été rencontrée à 4 mètres au niveau d'une couche de gros sable encastrée entre deux couches de calcaire, la sous-jacente très dure. Cette eau très abondante étale son niveau supérieur à 5 m. 20 au-dessus du fond de sondage. L'analyse de l'échantillon prélevé nous a donné les résultats suivants :

|                             |                  |
|-----------------------------|------------------|
| Degré hydrotimétrique ..... | 9                |
| Chlorures en Na Cl.....     | 15 % par litre.  |
| Nitrites .....              | grande présence. |



4<sup>e</sup> sondage effectué aux abords de Si Mohamed el Ouazani (Oudaïa)

Ce degré hydrotimétrique est bon, mais la grande teneur en chlorure de sodium, ainsi que la présence des nitrates, en font une eau impropre à la consommation.

Le quatrième forage a été exécuté dans une dépression perpendiculaire à la rive droite de l'Oued Mellah et située environ à 2 kilomètres 500 au sud-est des douars (voir carte).

La hauteur de l'eau dans le forage était de 7 m. 70. Cette eau rencontrée à 21 m. 70 coule dans une couche de grès interposée entre deux couches d'argile, la supérieure jaune, la sous-jacente bleue.

Les analyses d'échantillons d'eau prélevés à des hauteurs et à des jours différents, nous ont donné les résultats suivants :

Echantillon n° 1 prélevé :

| Degré hydrométrique total | Chlorures en NaCl p. l. | Nitrates           |
|---------------------------|-------------------------|--------------------|
| 7                         | 3 gr. 539               | présence<br>grande |

Echantillon n° 2 prélevé 5 jours après :

| D. gré hydrométrique total | Chlorures en NaCl p. l. | Nitrates |
|----------------------------|-------------------------|----------|
| 6,50                       | 8 gr. 393               | présence |

Malgré la forte teneur en chlorure de sodium, les indigènes trouvent cette eau très bonne.

L'examen de la coupe géologique entraîne aux mêmes conclusions que celles du deuxième forage.

En résumé, les forages exécutés dans cette région nous ont permis la découverte d'eaux de composition très voisines les unes des autres. Elles ont toutes un degré hydrotimétrique convenable, mais leur teneur élevée en chlorure de sodium les rend impropres à la consommation.

---

## GENÈSE DES EAUX CHLORO-SULFURÉES SODIQUES DE MOULAY-YACOUN

---

Il est très difficile de se rendre compte de la genèse du chlorure de sodium que l'on rencontre dans les eaux de Moulay-Yacoub. Il semble résulter du lavage des couches salines des terrains secondaires par les eaux sulfurées sodiques.

Tout concorde cependant pour faire admettre que le sulfure provient de la réduction du gypse par les matières bitumineuses qui l'accompagnent dans le Trias ; avant, pendant ou après cette formation de sulfure, l'eau dissout les dépôts salins qui se trouvent au niveau du gypse. Il est présumable que, dans la région de Moulay-Yacoub, l'eau a gagné une profondeur suffisante, puisqu'elle est chaude. En raison des bouleversements de la région on ne peut préciser à quelle altitude elle rencontre les terrains salifères.

Il ne nous a pas été permis au cours de ce premier travail hydrologique de rechercher les éléments caractéristiques des eaux thermales, ignées, tels que les définit Armand Gautier.

D'après A. Gautier, les eaux sulfurées sodiques thermales d'origine ignée entraînent, en même temps que leurs autres éléments chimiques, des exhalaisons de chlorure de sodium issues du foyer central, et des principes accessoires caractéristiques des émanations volcaniques. Faute de cette caractérisation, nous nous bornerons à la première hypothèse.

Beaucoup de sources sulfurées possèdent une flore et une faune. La faune est encore peu connue, on ne possède sur elle que de rares documents et peu ou pas de renseignements biologiques. La flore bactérienne des eaux sulfurées a tout particulièrement attiré l'attention de nombreux observateurs et suscité beaucoup de recherches. Les bactéries ont été étudiées d'une façon toute spéciale dans les eaux sulfurées, en raison des rapports étroits qu'elles présentent avec l'évolution du soufre dans le monde extérieur.

Malgré de minutieuses recherches, nous n'avons pu reconnaître à Moulay-Yacoub, aucune espèce appartenant à la flore et à la faune qui caractérisent habituellement certaines eaux sulfureuses.

Le développement très faible de la faune et de la flore bactérienne de l'eau examinée semble dû à un pouvoir bactéricide dont l'étude fera l'objet d'un autre chapitre, car cette propriété nous paraît constituer une qualité importante de l'eau de Moulay-Yacoub.

---

## DEUXIÈME PARTIE

---

# ANALYSE CHIMIQUE

---

### Opérations effectuées à la source

#### CARACTÈRES ORGANOLEPTIQUES ET PHYSIQUES DE L'EAU.

— A son point d'émergence l'eau est très limpide ; elle possède une odeur très marquée d'hydrogène sulfuré ; à l'air, cette odeur se développe par suite de mise en liberté d'hydrogène sulfuré en même temps qu'une teinte bleuâtre se produit, due à la mise en liberté du soufre très divisé.

Elle est onctueuse au toucher et même savonneuse ; de saveur caractéristique : sulfureuse et fortement salée, car elle renferme une notable proportion de chlorure de sodium. Sa température est de 55 degrés centigrades et sa densité, à 15 degrés centigrades, est 1,019. Par ailleurs, la lumière ne paraît pas l'altérer sensiblement lorsque cette eau est en flacon bouché. En effet, une expérience nous a permis de conserver un échantillon en bouteille claire durant six mois sans que le dosage sulfurométrique nous ait révélé une modification appréciable.

*Essai chimique préliminaire.* — Quelques réactions chimiques ont été effectuées afin de classer l'eau étudiée ;

c'est ainsi que nous avons observé les caractères suivants :

Cette eau dégage une forte odeur d'hydrogène sulfuré, sa saveur est très salée et donne également le goût caractéristique de l'hydrogène sulfuré. L'acétate de plomb donne un précipité noir.

Après avoir acidulé par l'acide azotique et chauffé pour éliminer l'hydrogène sulfuré, le nitrate d'argent nous a fourni un abondant précipité. La recherche du sodium étant positive, *l'eau examinée est : chloro-sulfurée sodique.*

#### Degré sulfurométrique

Le mode opératoire comporte trois essais :

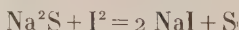
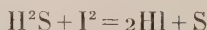
1° Dosage de l'hydrogène sulfuré, des sulfures et des hyposulfites ;

2° Dosage des sulfures et des hyposulfites ;

3° Dosage des hyposulfites.

1° Dosage de l'hydrogène sulfuré, des sulfures et des hyposulfites.

Dans un volume déterminé de l'eau étudiée on verse une solution N/10 d'iode avec de l'empois d'amidon comme réactif indicateur. Le chiffre ainsi trouvé (Q) représente l'iode nécessaire pour décomposer l'hydrogène sulfuré, les sulfures et les hyposulfites d'après les équations suivantes :



2° Dosage des sulfures et des hyposulfites.

Dans le but de débarrasser l'eau de l'hydrogène sulfuré qu'elle renferme, nous avons fait passer un courant d'hydrogène dans le même volume d'eau que précédem-

ment, puis nous avons fait une nouvelle détermination sulfurométrique avec la même solution titrée d'iode et le même réactif indicateur, soit  $q$  le chiffre trouvé.

3° Dosage des hyposulfites. — A un même volume d'eau nous ajoutons un excès de carbonate de plomb, après agitation on filtre et on dose les hyposulfites avec la solution titrée d'iode, soit  $q'$  la quantité obtenue. D'après ces données nous calculons la proportion des divers éléments de la façon suivante :

Soufre de l'hydrogène sulfuré =  $Q - q$ .

Soufre des sulfures..... =  $q - q'$

Soufre des hyposulfites..... =  $q'$ .

Si nous remplaçons les lettres par les valeurs obtenues, rapportées au litre, nous avons :

$Q = 0 \text{ gr. } 02304.$

$q = 0 \text{ gr. } 00224.$

$Q - q = 0 \text{ gr. } 0208.$

$q' = 0 \text{ gr. } 00064.$

$q - q' = 0 \text{ gr. } 0016.$

et par suite :

Soufre de l'hydrogène sulfuré =  $0 \text{ gr. } 0208$  par litre.

Soufre des sulfures..... =  $0 \text{ gr. } 0016$  par litre.

Soufre des hyposulfites..... =  $0 \text{ gr. } 00064$  par litre.

Pour les recherches devant se faire au laboratoire, nous avons recueilli les échantillons d'eau nécessaires à la grande source de Moulay-Yacoub le 15 octobre 1920.

---

## SUR LE PRINCIPE SULFURÉ DE L'EAU DE LA SOURCE DE MOULAY-YACOUB

---

Suivant la technique de M. Garrigou, nous avons pris un ballon de trois litres, muni d'un bouchon à trois trous ; dans le premier trou passe un tube s'ouvrant vers le tiers supérieur du ballon et se terminant à son extrémité supérieure par un robinet ; dans le deuxième passe un tube plongeant jusqu'aux trois quarts et se terminant à l'autre extrémité par un entonnoir à robinet, enfin un troisième tube, allant jusqu'à la partie inférieure du ballon, a son autre extrémité coudée à angle droit, pourvue d'un tube en caoutchouc muni d'une pince et traverse le dernier orifice du bouchon.

Nous avons fait le vide dans ce ballon, puis nous avons aspiré l'eau de la source en ouvrant le robinet du tube numéro 1 pour remplir le ballon aux deux tiers ; ceci fait, nous l'avons placé sur un fourneau et mis le tube numéro 3 en communication avec des flacons laveurs contenant du nitrate de cadmium.

L'expérience ainsi disposée, on ouvre la communication du tube avec l'air extérieur privé de son oxygène et de son  $\text{CO}^2$  par un barbotage dans une solution de pyrogallate de soude et de potasse.

On chauffe alors l'eau jusqu'à ébullition en faisant communiquer le ballon avec le premier flacon à nitrate

de cadmium dans lequel il se forme rapidement du sulfure de cadmium.

Après un quart d'heure, on dirige la vapeur dans un flacon à nitrate de cadmium où le sulfure ne se forme qu'avec une grande lenteur. Si, à ce moment, par l'entonnoir à robinet, on ajoute une solution de sulfate d'alumine, il se produit dans l'eau en ébullition une vive effervescence et les vapeurs passent du ballon dans un troisième flacon laveur et y déterminent un abondant précipité de sulfure de cadmium.

Dix minutes après il ne se produit plus rien dans un quatrième flacon laveur. Donc tout le sulfure a été décomposé.

Dans ce dernier flacon, en présence d'acide chlorhydrique, l'acide sulfurique a été dosé par précipitation par le chlorure de baryum. Le précipité une fois séché est facilement pesé sous forme de sulfate de baryte.

De ce résultat nous concluons :

1° Qu'au début de l'opération  $H^2S$  s'est échappé en abondance parce qu'il existait à l'état libre sous forme de sulfhydrate.

2° Après l'expulsion de  $H^2S$  il ne s'en est plus dégagé que des quantités minimes provenant des monosulfures restants.

3° A la suite de l'addition du sulfate d'alumine, le dégagement brusque s'est produit parce que les monosulfures restants ont été décomposés en  $H^2S$ , avec production d'alumine.

Donc l'eau de Moulay-Yacoub, avant son contact avec l'air, contient du sulfhydrate et des sulfures.

#### ANALYSE DES GAZ

La composition centésimale, en volume, des gaz qui se dégagent du griffon de la source a été déterminée sui-

vant la méthode de Moureu. On peut ainsi doser en bloc les gaz rares contenus dans le mélange gazeux naturel en faire l'étude au spectroscope dans de bonnes conditions.

Voici le principe de la méthode : le gaz naturel, après avoir longtemps séjourné sur la potasse aqueuse, puis sur de la potasse fondue, est chauffé au rouge en présence d'un mélange intime de chaux anhydre et de magnésium qui fixe à la fois l'azote et l'oxygène. Les gaz combustibles sont brûlés par de l'oxyde de cuivre. On absorbe les produits de la combustion par de la chaux sodée et de l'anhydride phosphorique. Le résidu gazeux est constitué par les gaz rares, non absorbables par les réactifs utilisés.

Nous résumons dans le tableau suivant les résultats que nous avons obtenus :

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| CO <sub>2</sub> ..... | 2,15   |
| O .....               | traces |
| N .....               | 95,75  |
| Gaz rares .....       | 1 95   |
| <hr/>                 |        |
| Total.....            | 99.85  |

## OPÉRATIONS EFFECTUÉES AU LABORATOIRE

---

C'est par la recherche qualitative des éléments contenus dans l'eau que nous avons commencé nos essais :

### ANALYSE QUALITATIVE

Nous avons porté à l'ébullition deux litres d'eau en ayant soin d'ajouter de l'eau distillée au cours de cette opération pour éviter le dépôt des sels solubles. Nous avons ainsi un dépôt A et une liqueur B.

*Dépôt A.* — Il est dissous à chaud par l'acide chlorhydrique étendu au tiers et la dissolution est divisée en deux parties :

1° Une partie traitée par le sulfocyanure d'ammonium donne une faible coloration rouge..... *Fer* (traces).

2° L'autre partie additionnée d'acide chlorhydrique, évaporée et portée à 130°, laisse un résidu.

a) Une partie de ce résidu est additionnée d'une petite quantité d'eau bouillante, on laisse reposer puis on filtre le liquide surnageant, on recommence cette opération en ajoutant de l'acide chlorhydrique et de l'eau chaude plusieurs fois de suite. La silice recueillie sur un filtre est desséchée et calcinée..... *Silice*.

b) L'autre partie du résidu est traitée par l'acide azotique au 1/10 ; sur la liqueur obtenue on fait réagir :

- 1° Le chlorure de baryum.. *acide sulfurique* (traces).
- 2° L'ammoniaque et l'oxalate d'ammoniaque : *Calcium*.
- 3° On sépare le calcium et le phosphate de sodium ammoniacal permet de déceler le..... *Magnésium*.
- 4° Le nitromolybdate d'ammoniaque ne donne pas de précipité, donc..... *absence d'acide phosphorique*.

*Liqueur B.* — Elle est divisée en cinq parties sur lesquelles on essaye les réactifs suivants :

- a) Chlorure de baryum acidulé par l'acide chlorhydrique très faible précipité..... *Acide sulfurique* (traces).
- b) Nitrate d'argent et acide nitrique : précipité.....  
..... *Acide chlorydrique*.
- c) Nitromolybdate d'ammoniaque : aucun précipité.
- d) Le résidu obtenu par évaporation à siccité ne fait pas effervescence par les acides.
- e) Une partie évaporée à siccité en présence d'acide chlorhydrique est calcinée légèrement pour insolubiliser la silice, le résidu repris par l'eau distillée, traité par l'ammoniaque et l'oxalate d'ammoniaque en excès donne un précipité..... *Sels de Calcium solubles*.

La liqueur séparée par filtration soumise à l'action du phosphate de sodium ammoniacal donne un précipité :  
..... *Sels de Magnésium solubles*.

La recherche du potassium par le chlorure de platine est négative.

La liqueur séparée du chlorure de platine par  $H^2S$  donne un précipité par le pyroantimoniate de potassium :  
..... *Sodium*.

500 centimètres cubes d'eau sont concentrés à 100 centimètres cubes, puis traités par le réactif de Nessler qui donne une coloration jaune brun..... *Ammoniaque*.

On évapore 10 litres d'eau à siccité (en présence de carbonate de soude), puis on calcine. La recherche de l'acide phosphorique sur une partie du résidu est négative.

tive. De même la recherche du fluor sur une autre partie de ce résidu donne un résultat négatif.

Ce qui reste du résidu est soumis à l'action de l'eau bouillante.

a) La partie insoluble obtenue, débarrassée de la silice qu'elle contient par l'acide chlorhydrique, est traitée par l'eau chaude.

La recherche du baryum et du strontium au spectroscope nous a donné un résultat négatif.

On précipite dans la liqueur, le fer et l'alumine, et sur ce précipité on fait agir la soude, la solution obtenue nous a permis de caractériser..... l'aluminium.

La recherche du manganèse a été négative.

b) La liqueur provenant du traitement du résidu est concentrée ; sur une partie, la recherche de l'acide borique est négative ; la présence de l'iode et du brome dans l'autre partie n'a pas été mise en évidence.

La recherche de l'acide nitrique et de l'acide nitreux nous a donné un résultat négatif.

#### ANALYSE QUANTITATIVE

*Résidu sec à 120° et à 180°* : Nous avons évaporé lentement un litre d'eau dans une capsule de platine, en ayant soin de recouvrir la capsule d'un entonnoir renversé. Après concentration, le résidu a été séché à l'étuve à 120° pendant 6 heures. Au bout de ce temps la perte de poids est devenue insensible.

Nous avons également déterminé l'extrait à 180°, ce qui est préférable en ce sens qu'à cette température les sulfates perdent entièrement leur eau de cristallisation.

Mais comme il y a certainement des chlorures de calcium et de magnésium, il est probable que même à cette

température de  $180^{\circ}$  l'extrait n'est pas complètement déshydraté. De là l'excès possible de poids de cet extrait sur la somme des matériaux dosés.

*Chlore* : Le dosage du chlore a été effectué sur 20 centimètres cubes d'eau que nous avons précipités par le nitrate d'argent en présence d'acide nitrique. Le précipité recueilli a été séché et pesé.

D'autre part 10 centimètres cubes d'eau légèrement acidulés par l'acide nitrique, puis additionnés de carbonate de chaux pur, ont été portés à l'ébullition pour chasser  $\text{CO}^2$ , et, après refroidissement, titrés par l'azotate d'argent décimormal en présence de chromate de potasse comme indicateur.

*Silice* : Nous avons évaporé 5 litres d'eau dans une capsule de platine en présence d'acide chlorhydrique. Après chauffage pendant une heure à  $120^{\circ}$ , nous avons calciné à  $300^{\circ}$  centigrades, puis ajouté un peu d'eau et chauffé la liqueur obtenue. La silice séparée par filtration a été séchée, calcinée et pesée.

*Oxydes de fer et Alumine* : Nous avons opéré sur un litre d'eau que nous avons additionné de quelques gouttes d'acide azotique à chaud, puis nous avons ajouté du chlorhydrate d'ammoniaque, de l'ammoniaque en excès, et fait bouillir. Le précipité obtenu a été lavé à l'eau bouillante, séché, calciné et pesé. On a ainsi le poids total de  $\text{Fe}^2 \text{O}^3$  et de  $\text{Al}^2 \text{O}^3$ .

Ce précipité a été dissous dans l'acide chlorhydrique concentré et chaud ; après dissolution, on a étendu avec de l'eau distillée et on a transvasé dans un matras. Le fer est transformé en sels ferreux par le zinc et l'acide sulfurique. Quand la liqueur est décolorée, on dose le fer par le permanganate de potassium. On en déduit le poids de  $\text{Fe}^2 \text{O}^3$  correspondant et, par différence avec le poids total du précipité primitif, le poids de l'alumine.

*Calcium* : A 100 centimètres cubes d'eau nous avons ajouté 10 grammes de chlorhydrate d'ammoniaque et à l'ébullition un excès d'ammoniaque pour séparer le fer. Nous avons filtré, lavé le précipité à l'eau chaude, les premières eaux de lavage ont été jointes au filtratum et la liqueur obtenue a été portée à l'ébullition, puis additionnée d'un excès d'oxalate d'ammoniaque. Le précipité lavé est recueilli dans un vase de Bohême ; on titre par le permanganate de potassium vers 70° C. et en présence d'acide sulfurique.

*Magnésie* : La liqueur provenant de la séparation du calcium a été concentrée de façon à ramener son volume à 100 centimètres cubes environ. Après refroidissement on alcalinise par l'ammoniaque et l'on précipite par du phosphate de soude en excès. Quand le phosphate ammoniaco-magnésien s'est déposé, on filtre la liqueur. Le précipité obtenu est lavé avec de l'eau ammoniacale puis séché, calciné et pesé.

*Soude* : A 100 centimètres cubes de l'eau étudiée, nous avons ajouté de l'hydrate de baryum en léger excès, la liqueur filtrée a été additionnée de carbonate d'ammoniaque pour séparer l'excès de baryte. La nouvelle liqueur filtrée, acidulée par l'acide chlorhydrique a été évaporée à siccité puis légèrement calcinée. Le résidu pesé a été dissous dans très peu d'eau. On traite par le chlorure de platine. Du poids de chloroplatinate on calcule la proportion de KCl, et par différence avec le poids du résidu primitif on a celui correspondant au chlorure de sodium. Dans cette eau il n'y a pas de précipité.

*Sels ammoniacaux* : Nous avons distillé un litre d'eau dans l'appareil d'Aubin, en présence de magnésie ; l'ammoniaque a été recueilli dans 40 cc. d'acide sulfurique décinormal. Nous avons ensuite amené le volume à 50 cc

tres cubes de solution de sulfate ferreux, et on continue et nous avons titré colorimétriquement l'ammoniaque au moyen du réactif de Nessler, par comparaison avec une solution type de chlorure d'ammonium.

*Matière organique* : Nous avons effectué le dosage en liqueur acide et en liqueur alcaline par le permanganate de potassium.

a) *Dosage en solution acide* : Nous avons porté à l'ébullition et nous avons maintenu dix minutes exactement, d'une part : 200 centimètres cubes de l'eau à analyser avec 400 centimètres cubes d'acide sulfurique au 1/10 et 10 centimètres cubes de permanganate de potassium N/100 et, d'autre part : 100 centimètres cubes de l'eau à analyser avec 20 centimètres cubes d'acide sulfurique au 1/10 et 10 centimètres cubes de permanganate de potasse N/100. On refroidit ensuite sous un courant d'eau. Puis on ajoute à chacune des solutions 5 centimètres cubes bien exactement mesurés de la solution de sulfate ferreux. Dans les deux liqueurs on dose l'excès de sulfate ferreux non décomposé par la solution de permanganate de potassium N/100, soit N et n le nombre de centimètres cubes employés dans chaque cas, le poids consommé par la matière organique d'un litre sera :

$$(N-n) \text{ Omg, } 008 \times 10$$

b) *Dosage en solution alcaline* : Nous avons opéré comme précédemment, en remplaçant l'acide sulfurique au 1/10 par des doses égales de bicarbonate de sodium en solution saturée. Au bout de dix minutes d'ébullition et après refroidissement, on ajoute :

A la première liqueur 40 centimètres cubes d'acide sulfurique au 1/10.

Et à la deuxième liqueur 20 centimètres cubes d'acide sulfurique au 1/10.

Après agitation on ajoute à chaque solution 5 centimè-

comme précédemment. Si N' et n' représentent le nombre de centimètres cubes utilisés dans chaque cas, le poids d'oxygène consommé par la matière organique pour un litre sera de :

$$(N'-n') \text{ Omg, } 008 \times 10$$

Nous avons effectué ces analyses sur des échantillons d'eau prélevés lès uns, au moment du printemps, les autres en automne. Les résultats de nos recherches peuvent se résumer dans les tableaux suivants :

ANALYSE DU PRINTEMPS 1920

Par litre d'eau :

|                                                                  |                       |       |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------|
| Température....                                                  | 55 degrés Centigrades |       |
| Nitrites.....                                                    |                       | néant |
| Nitrates.....                                                    |                       | néant |
| Phosphates.....                                                  |                       | néant |
| Résidu à sec à 120°.....                                         | 30 gr.,               | 879   |
| Résidu à sec à 180°.....                                         | 30 »                  | 555   |
| Silice.....                                                      | 0 »                   | 085   |
| Oxyde de fer.....                                                | 0 »                   | 005   |
| Alumine.....                                                     | 0 »                   | 015   |
| Chaux en CaO.....                                                | 1 »                   | 762   |
| Magnésie en MgO.....                                             | 1 »                   | 034   |
| Chlore en Cl.....                                                | 17 »                  | 446   |
| Acide sulfurique (Soufre total exprimé en SO <sup>3</sup> )..... | 0 »                   | 227   |
| Soude en Na <sup>2</sup> O.....                                  | 12 »                  | 90    |
| Ammoniaque en NH <sup>3</sup> (en N).....                        | 0 »                   | 095   |
| Hydrogène sulfuré libre (en H <sup>2</sup> S).....               | 0 »                   | 045   |
| Soufre des hyposulfites (S).....                                 | 0 »                   | 0006  |
| Soufre des sulfures (S).....                                     | 0 »                   | 0016  |
| Matière organique en oxygène (milieu acide).....                 | 0 »                   | 0087  |
| Matière organique en oxygène (milieu alcalin).....               | 0 »                   | 0091  |

ANALYSE D'AUTOMNE 1920

|                                                                  |         |       |
|------------------------------------------------------------------|---------|-------|
| Température.....                                                 | 56° C.  |       |
| Nitrites.....                                                    |         | néant |
| Nitrates.....                                                    |         | néant |
| Phosphates.....                                                  |         | néant |
| Résidu sec à 120°.....                                           | 34 gr., | 971   |
| Résidu sec à 180°.....                                           | 34 »    | 650   |
| Silice.....                                                      | 0 »     | 089   |
| Oxyde de fer.....                                                | 0 »     | 007   |
| Alumine.....                                                     | 0 »     | 018   |
| Chaux en CaO.....                                                | 1 »     | 785   |
| Magnésie en MgO.....                                             | 1 »     | 131   |
| Chlore en Cl.....                                                | 19 »    | 251   |
| Acide sulfurique (soufre total exprimé en SO <sup>3</sup> )..... | 0 »     | 237   |
| Soude en Na <sup>2</sup> O.....                                  | 13 »    | 94    |
| Ammoniaque en NH <sup>3</sup> (en N).....                        | 0 »     | 097   |
| Hydrogène sulfuré libre (en H <sup>2</sup> S).....               | 0 »     | 049   |
| Soufre des hyposulfites (S).....                                 | 0 »     | 0007  |
| Soufre des sulfures.....                                         | 0 »     | 0019  |
| Matière organique en oxygène (milieu acide).....                 | 0 »     | 0089  |
| Matière organique en oxygène (milieu alcalin).....               | 0 »     | 0097  |

Pour compléter ce travail nous avons procédé à l'analyse de l'eau des diverses résurgences. Nous reproduisons ci-dessous les résultats obtenus à la suite de nos recherches qui ont été effectuées pendant l'automne 1922. Le débit de ces sources est assez faible.

*Résurgence A ou Source de la mère de Moulay-Yacoub*

|                               |                 |
|-------------------------------|-----------------|
| Température .....             | 48° Centigrades |
| Résidu sec à 120° .....       | 34,895          |
| Résidu sec à 180° .....       | 34,680          |
| Chlore en Cl. ....            | 19,231          |
| Hydrogène sulfuré libre ..... | 0,040           |
| Soufre des hyposulfites ..... | 0,0006          |
| Soufre des sulfures .....     | 0,0016          |

*Résurgence B ou source des yeux :*

|                               |         |
|-------------------------------|---------|
| Température .....             | 47°5 C. |
| Résidu sec à 120° .....       | 34,899  |
| Résidu sec à 180° .....       | 34,785  |
| Chlore en Cl. ....            | 19,203  |
| Hydrogène sulfuré libre ..... | 0,033   |
| Soufre des hyposulfites ..... | 0,0005  |
| Soufre des sulfures .....     | 0,0011  |

*Résurgence C ou source des dents :*

|                               |        |
|-------------------------------|--------|
| Température .....             | 52° C. |
| Résidu sec à 120° .....       | 34,952 |
| Résidu sec à 180° .....       | 34,671 |
| Chlore en Cl. ....            | 19,216 |
| Hydrogène sulfuré libre ..... | 0,041  |
| Soufre des hyposulfites ..... | 0,0006 |
| Soufre des sulfures .....     | 0,0016 |

*Résurgence D ou source des teigneux :*

|                              |         |
|------------------------------|---------|
| Température .....            | 46°5 C. |
| Résidu sec à 120°.....       | 33,297  |
| Résidu sec à 180°.....       | 32,951  |
| Chlore en Cl.....            | 19,212  |
| Hydrogène sulfuré libre..... | 0,018   |
| Soufre des hyposulfites..... | 0,0005  |
| Soufre des sulfures.....     | 0,0012  |

---

*Résurgence E ou source des femmes stériles :*

|                              |         |
|------------------------------|---------|
| Température .....            | 48°5 C. |
| Résidu sec à 120°.....       | 34,916  |
| Résidu sec à 180°.....       | 34,610  |
| Chlore en Cl.....            | 19,240  |
| Hydrogène sulfuré libre..... | 0,030   |
| Soufre des hyposulfites..... | 0,0006  |
| Soufre des sulfures.....     | 0,0015  |

---

*Résurgence F ou source des idiots :*

|                              |                 |
|------------------------------|-----------------|
| Température .....            | 48° Centigrades |
| Résidu sec à 120°.....       | 33,993          |
| Résidu sec à 180°.....       | 33,691          |
| Chlore en Cl.....            | 19,237          |
| Hydrogène sulfuré libre..... | 0,029           |
| Soufre des hyposulfites..... | 0,0007          |
| Soufre des sulfures.....     | 0,0015          |

Les divers éléments que renferme l'eau étudiée peuvent être groupés d'une manière hypothétique de la façon suivante :

*Groupement hypothétique des éléments :*

Ions positifs :

Na

Ca

Mg

Fe

Al

NH<sup>4</sup>

Ions négatifs :

Cl

SiO<sup>2</sup>

SO<sup>4</sup>

*Analyse de printemps :*

|                                      | Gr. par litre |
|--------------------------------------|---------------|
| Chlore .....                         | 17,446        |
| Na <sup>2</sup> O .....              | 12,90         |
| CaO .....                            | 1,762         |
| MgO .....                            | 1,034         |
| NH <sup>3</sup> .....                | 0,095         |
| SiO <sup>2</sup> .....               | 0,085         |
| Fe <sup>2</sup> O <sup>3</sup> ..... | 0,005         |
| Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> ..... | 0,015         |

*Analyse d'automne :*

|                                      | Gr. par litre |
|--------------------------------------|---------------|
| Chlore .....                         | 19,251        |
| Na <sup>2</sup> O .....              | 13,94         |
| CaO .....                            | 1,785         |
| MgO .....                            | 1,131         |
| NH <sup>3</sup> .....                | 0,097         |
| SiO <sup>2</sup> .....               | 0,089         |
| Fe <sup>2</sup> O <sup>3</sup> ..... | 0,007         |
| Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> ..... | 0,018         |

## BACTÉRIOLOGIE

---

La constitution chimique définitivement fixée, il importait de soumettre les eaux de Moulay-Yacoub à des contrôles bactériologiques répétés et de s'assurer aussi qu'elles n'étaient pas, même accidentellement, l'objet d'une contamination.

Là ne se sont d'ailleurs pas arrêtées nos recherches bactériologiques et de nouvelles études, dont nous exposerons plus loin la marche et les résultats, nous ont permis d'expliquer en partie l'action thérapeutique des sources.

La teneur élevée en chlorure de sodium des eaux de Moulay-Yacoub nous a obligé à apporter quelques modifications à la technique bactériologique usuelle et à utiliser le procédé qu'ont employé Fabre, Domergue et Legendre pour l'analyse de l'eau de mer.

Nous avons donc, par l'addition d'eau stérilisée, ramené la densité à 1,005 et c'est avec cette dilution que nous avons procédé aux séries de recherches nous permettant d'apprécier la qualité bactériologique des eaux.

Pour effectuer cette réduction de la concentration saline, qui, trop élevée, aurait nui à la bonne marche de nos expériences, nous avons ajouté à un litre d'eau saline naturelle (densité 1,019) 1 litre 760 centimètres cubes d'eau prise à une rivière voisine et préalablement stérilisée par un chauffage à l'autoclave à 120°, pendant vingt minutes.

Sur cette eau ainsi étendue, nous avons procédé concurremment à :

- 1° La numération des germes saprophytes aérobies ;
- 2° La recherche des anaérobies ;
- 3° La recherche du Colibacille ;
- 4° La recherche des principaux germes pathogènes.
- 5° La recherche des germes de la putréfaction, des espèces spirillaires et des bactéries thermophiles.

Ces diverses expériences ont été effectuées à des périodes pluvieuses, donc particulièrement favorables à la pollution.

1° *Numération des germes :*

Nous avons recueilli 10 centimètres cubes de l'eau saline dans un flacon rigoureusement stérile. A l'aide d'une pipette stérile, nous avons fait tomber dans deux tubes de gélatine fondue, respectivement 1 et 2 gouttes de cette solution. Après avoir délicatement agité les tubes, nous les avons coulé en boîtes de Pétri stériles, que nous avons placées à l'étuve à 22°. Au bout de quinze jours nous n'avons vu apparaître aucune colonie.

2° *Recherche des anaérobies :*

Préconisée par Vincent, la recherche des anaérobies offre un grand intérêt pour déceler toute trace de contamination par les matières fécales.

Nous avons fait des ensemencements en gélose Veillon et n'avons observé l'apparition d'aucune colonie.

3° *Recherche du colibacille :*

La recherche du colibacille est d'un intérêt primordial, car elle indique une contamination de l'eau et offre, suivant l'expression de Gautier « une grande valeur pour déceler un péril momentané ou en reconnaître la possibilité ».

Pour effectuer ces recherches, nous avons utilisé le procédé de Perrot adopté par Vincent, par la culture en milieu phéniqué à 41°5.

Les cultures avaient des concentrations variant de une goutte à 100 centimètres cubes. Aucune culture n'a donné naissance à des colibacilles, aussi pouvons-nous admettre l'absence totale de colibacilles.

Enfin nous avons procédé à la recherche des principaux microbes pathogènes en faisant des ensemencements sur milieux spéciaux.

La recherche de bacille typhique a été effectuée en eau peptonée au vert malachite et hydrate de carbone ; le vibron cholérique en eau peptonée simple. Toutes ces recherches ont donné des résultats négatifs.

Pour compléter ces recherches nous avons procédé en dernier lieu à l'inoculation aux animaux suivant la méthode de Pouchet.

A un cobaye mâle de 300 gr., nous avons fait une injection intra-péritonéale de un centimètre cube d'une culture obtenue en ensemençant trente centimètres cubes d'eau dans dix centimètres cubes de bouillon peptoné salé et laissé à l'étuve huit jours.

L'animal n'a présenté aucun trouble, aucune modification de la température, qui est restée normale.

Pour vérifier l'exactitude de nos résultats, nous avons infesté volontairement l'eau de Moulay-Yacoub et renouvelé toutes nos épreuves. En opérant dans des conditions rigoureusement semblables, toutes les contre-épreuves nous ont donné des résultats positifs.

Devant toutes ces épreuves une conclusion s'impose : l'eau de Moulay-Yacoub semble être d'une grande pureté.

A quoi doit-elle cette pureté ? Est-ce à une filtration parfaite à travers les roches, ou bien à un pouvoir anti-

septique qui s'oppose à la pullulation de microbes apportés par des souillures étrangères.

Les recherches bactériologiques nous ont permis de démontrer que les bactéries ne se développent pas dans l'eau de Moulay-Yacoub : bien plus, elles y meurent dans un temps plus ou moins variable, suivant l'espèce considérée.

Pour vérifier ce pouvoir antiseptique, nous nous sommes adressé dans nos expériences à un microbe doué d'une grande vitalité, très répandu, facilement cultivable, réunissant donc toutes les conditions favorables à notre examen. C'est le Staphylocoque pyogène, qu'on rencontre en abondance partout, et qui résiste remarquablement aux antiseptiques.

Nous avons cultivé ce microbe sur le bouillon peptoné salé et utilisé ces cultures pour nos recherches, en ayant soin de ne prendre que celles de vingt-quatre heures, qui présentaient la plus grande vitalité.

Dans des ballons préalablement stérilisés, d'une contenance de cent vingt-cinq centimètres cubes, nous avons introduit successivement : dix, vingt, trente et jusqu'à quatre-vingt-dix centimètres cubes d'eau de Moulay-Yacoub pure, à laquelle nous avons ajouté une certaine quantité d'eau de rivière stérilisée pour amener dans tous les ballons, le volume d'eau à cent centimètres cubes. A chacun des ballons, pour rendre le milieu nutritif et propre au développement microbien, nous avons ajouté dix centimètres cubes d'un bouillon concentré, non salé, renfermant 10 % de peptone. Ainsi nos ballons contenaient du bouillon peptoné à 1 %, milieu favorable par excellence au développement du staphylocoque.

Il restait à démontrer si l'eau de Moulay-Yacoub était capable d'empêcher le développement du staphylocoque, et dans quelle mesure.

Nous avons ajouté à chacun des ballons deux gouttes du bouillon de culture du microcoque, datant de 24 heures. Un ballon témoin a été ajouté à l'expérience.

Tout a été porté à l'étuve à 37 degrés pendant vingt-quatre heures et, au bout de ce laps de temps, voici ce que nous avons observé :

Le bouillon était de moins en moins trouble à mesure que les ballons avaient une concentration croissante en eau de Moulay-Yacoub, et le dernier, correspondant à la dilution 90 %, était demeuré parfaitement limpide.

A l'examen direct sur lame,  $1/12$ , immersion, une goutte de ce dernier bouillon nous apparut sans aucun germe.

Pour contrôle, nous avonsensemencé en gélose dix gouttes de chacun des ballons d'expérience et après 24 heures de séjour à l'étuve à 37 degrés, des colonies de moins en moins nombreuses avaient poussé sur les tubes et, dans celui correspondant à la dilution de 90 %, il n'y avait pas traces de colonie.

Que conclure de ces expériences, sinon que l'eau de Moulay-Yacoub, lorsqu'elle n'est pas diluée, jouit d'un certain pouvoir antiseptique, puisque non seulement elle s'oppose au développement des bactéries, mais encore elle les tue rapidement.

A la lumière de ces recherches bactériologiques, nous avons pu comprendre l'effet thérapeutique des sources sur les plaies. C'est une véritable antiseptie de la plaie que réalise l'eau de Moulay-Yacoub et à cette action bien-faisante, s'en ajoute une autre : l'action excitante du chlorure de sodium sur les tissus.

Les actions antiseptiques et excitantes du chlorure de sodium ne suffiraient peut-être pas à elles seules à expliquer les guérisons rapides obtenues par la cure de Moulay-Yacoub. Ajoutons à ces actions celle de la température qui est très élevée : 55° pour la grande source ; et le

rôle antiseptique joué par l'hydrogène sulfuré contenu dans ces eaux.

Ainsi s'explique, dans certains cas, la prompte guérison de lésions torpides qui rapidement s'améliorent par la seule thérapeutique hydrominérale.

Ces expériences démontrent que la composition remarquable de l'eau de Moulay-Yacoub a pour conséquences :

1° Sa STÉRILITÉ ;

2° Un pouvoir EMPÊCHANT très marqué sur la végétation microbienne ;

3° Un POUVOIR ANTISEPTIQUE LÉGER, doublé d'une ACTION AFFAIBLISSANTE sur la virulence des germes.

---

## ACTION PHYSIOLOGIQUE

---

Les eaux minérales de Moulay-Yacoub qui nous paraissent devoir être classées parmi les eaux chloro-sulfurées sodiques, tirent leurs propriétés thérapeutiques, d'une part de leurs caractères physiques, d'autre part de leur composition chimique.

Parmi les caractères physiques, le plus important est, sans aucun doute, la température élevée de cette eau. Sous son action, les mouvements respiratoires s'accélèrent, entraînent une ventilation pulmonaire plus parfaite, l'absorption d'oxygène par les tissus, la sécrétion sudorale sont augmentées, et il se produit au niveau des parties submergées une rubéfaction légère, tandis que le système nerveux trophique devient le siège de réactions favorables.

La chaleur augmente en outre le pouvoir microbicide de l'eau et exerce sur l'organisme une action dépurative puissante et un effet sédatif marqué.

Toutefois, c'est surtout par leur constitution chimique qu'agissent les eaux marocaines, et dans cette constitution deux corps doivent être particulièrement envisagés au point de vue thérapeutique :

le chlorure de sodium,  
l'hydrogène sulfuré.

L'eau contenant en dissolution une forte proportion de chlorure de sodium, prise à l'intérieur, détermine de la

salivation, une exagération de la sécrétion gastrique, et par des phénomènes d'osmose provoque des effets purgatifs ; le nombre de globules sanguins augmente et le mouvement de désassimilation est exagéré.

Les bains chlorurés sodiques produisent une stimulation cutanée qui se répercute sur les mouvements nutritifs. Le système lymphatique participe également à ces modifications et les eaux amènent des effets révulsifs et fondants sur les exsudats et les engorgements de la scrofula.

Enfin l'action bactéricide du chlorure de sodium à dose élevée se manifeste sur les plaies torpides, sur les lésions chroniques de la tuberculose ou de la syphilis cutanée.

Plus encore peut-être que le chlorure de sodium, l'hydrogène sulfuré confère aux eaux de Moulay-Yacoub des propriétés thérapeutiques.

Il s'y trouve, en effet, en proportion considérable et détermine des effets locaux et généraux particulièrement intéressants. Pris à l'intérieur, il est éliminé par les poumons, la peau, l'intestin et, jouissant de propriétés antiseptiques, il exerce une action désinfectante sur les organes qu'il traverse ; c'est ainsi que les sécrétions bronchiques sont rapidement taries.

Les échanges nutritifs sont augmentés et cette activité est due à l'action du gaz sur les filets sécréteurs du nerf *vague* et par suite sur les centres nerveux de la respiration et de la circulation, dont l'excitation se répercute sur les diverses cellules de l'organisme et les phénomènes intimes de la nutrition (Lamarque).

L'hydrogène sulfuré jouit également d'une action solubilisante et évacuatrice vis-à-vis du mercure dont il permet un emploi plus intensif et plus prolongé.

En effet, les composés sulfurés dissolvent facilement les albuminates de mercure et favorisent leur élimina-

tion en activant les fonctions rénales et hépatiques ; ils agissent aussi sur les composés insolubles déposés dans les divers organes pour les redissoudre et les éliminer ensuite, déterminant ainsi un véritable lessivage de l'organisme.

Le mercure, plus rapidement éliminé, est donc mieux toléré et les eaux sulfureuses permettent des doses beaucoup plus élevées, donc plus efficaces, sans crainte de voir se manifester les accidents d'hydrargyrisme

A l'extérieur, les eaux sulfureuses exercent une action parasiticide et bactéricide manifeste ; elles provoquent aussi une irritation cutanée qui détermine une modification des lésions torpides et amène par voie nerveuse réflexe une activité plus grande dans les tissus malades.

---

## INDICATIONS THÉRAPEUTIQUES

---

Les indications thérapeutiques générales des eaux de Moulay-Yacoub découlent de leur action physiologique et devraient être analogues à celles des sources chloro-sulfurées sodiques parmi lesquelles elles doivent être classées.

En fait, la cure thermique n'est guère appliquée actuellement que dans le traitement des lésions cutanées et la plupart des baigneurs viennent seulement demander aux eaux la guérison de plaies torpides dont la syphilis est presque toujours la cause. Grâce à l'action bactéricide et stimulante de l'hydrogène sulfuré associé au chlorure de sodium, ces lésions rétrocedent, les plaies réputées ingué-rissables bourgeonnent activement et la cicatrisation s'opère rapidement, surtout si le traitement hydrargyrique vient s'ajouter à la thérapeutique hydrominérale qui favorise éminemment l'action et la tolérance du mercure.

A côté des syphilides cutanées, les sources de la station marocaine trouvent leur utilisation dans le traitement d'affections chroniques de la peau que les indigènes croient être encore des manifestations de la « Grande maladie ». C'est ainsi qu'on voit à Moulay-Yacoub des malades atteints de plaies torpides d'origine tuberculeuse, variqueuse ou mycosique, qui sont d'ailleurs presque toujours améliorées par les eaux thermales.

Enfin, dans le domaine de la dermatologie, il nous faut

signaler encore l'action bienfaisante de la cure hydro-minérale sur les plaies de guerre ; d'après ce que nous avons pu observer, les plaies atones, sans tendance à la cicatrisation, avec infiltration des tissus environnants, sont rapidement détergées, le fond devient moins sa-nieux, il saigne, bourgeonne, reprend de la vitalité et la lésion, sous cette influence stimulante et antiseptique, se répare tandis que les tissus voisins, progressivement, s'assouplissent.

Là ne devraient point se borner les effets thérapeutiques de la source marocaine ; sans doute, les indigènes n'y vont demander que la guérison d'affections cutanées sur lesquelles ils peuvent facilement apprécier les bienfaits de la cure.

Mais au même titre que d'autres stations chloro-sulfurées sodiques, Moulay-Yacoub peut exercer une action favorable dans tous les états morbides qu'améliore la médication sulfureuse ou chlorurée.

Par leur action stimulante, les eaux sont indiquées chez les sujets qui ont des échanges diminués, une oxydation amoindrie.

Ainsi les lymphatiques et les scrofuleux bénéficieront de la cure thermique et, parmi ceux-ci, particulièrement ceux qui sont atteints de tuberculoses ganglionnaires, articulaires, en un mot chirurgicales ; ces malades verront leurs engorgements disparaître, leurs fongosités se résoudre, et leur état général, participant à cette stimulation, se relèvera avec rapidité.

Les anémiques et les chlorotiques seront également améliorés grâce à l'augmentation globulaire et à l'accroissement rapide de la teneur du sang en hémoglobine que déterminent les eaux.

Tous les états morbides qui se caractérisent par un ralentissement de la nutrition et un amoindrissement des oxydations azotées seront favorablement influencés par

les sources ; arthritiques, rhumatisants trouveront un soulagement de leurs douleurs et les obèses activeront leurs combustions.

A l'action tonique des eaux s'ajoute un pouvoir antiseptique indéniable, et de cette association il résultera des effets particulièrement favorables pour les affections chroniques des voies respiratoires.

Parmi les états morbides des premières voies aériennes, qui seront heureusement modifiés, citons : les rhinites, pharyngites, amygdalites et laryngites chroniques.

Mais c'est surtout dans les bronchites chroniques que les résultats sont remarquables ; les eaux fluidifient d'abord les sécrétions des bronches pour les tarir ensuite et parallèlement la toux et l'oppression diminuent, c'est une véritable désinfection de l'appareil respiratoire que réalisent les sources chloro-sulfurées et Moulay-Yacoub devrait être à ce titre, la station de choix de tous les malades atteints d'inflammations chroniques des voies aériennes.

Malheureusement les effets sont dans ces affections moins rapides que dans les lésions cutanées, car ce n'est qu'après plusieurs saisons que l'on obtient d'heureux résultats, dont les indigènes n'ont pu se rendre compte à cause de leur observation primitive et superficielle.

Ainsi s'explique le peu de variété des maladies traitées par les eaux thermales de Moulay-Yacoub, dont les effets thérapeutiques sont cependant si divers et si nombreux.

Mais si la station marocaine peut et doit devenir un précieux instrument thérapeutique, il ne faut pas oublier que sa forte minéralisation la contre-indique dans certains états pathologiques et notamment dans la tuberculose pulmonaire, l'asthme, les cardiopathies mal compensées ; par sa constitution sulfureuse, elle serait en effet nuisible à ceux dont le cœur ou les reins sont altérés

et, par suite de sa richesse en chlorures, elles aggraverait les tuberculeux hémoptoïques à réaction fébrile.

D'une façon générale, les eaux de Moulay-Yacoub, essentiellement stimulantes et toniques, ne conviennent pas aux sujets excitables, à constitution éréthique et nerveuse : hystériques, épileptiques, tabétiques.

---

## MODE D'EMPLOI

---

Les propriétés thérapeutiques des sources chloro-sulfurées sodiques peuvent être utilisées de diverses manières.

A Moulay-Yacoub l'installation thermique insuffisante ne permet que deux modes d'administration des eaux : la balnéation et la boisson.

Encore, par sa composition même et sa concentration saline, la cure de boisson est-elle réduite et utilisée seulement par les indigènes qui la pratiquent surtout par superstition.

La balnéation reste donc le véritable mode d'emploi des eaux de Moulay-Yacoub ; les Européens ont un bâtiment spécial, où quelques baignoires recevant l'eau des sources ont été aménagées ; les indigènes s'exposent simplement au jet direct de la source, comme nous l'avons décrit dans un précédent chapitre.

La durée du bain n'excède guère quelques minutes, car la température élevée de l'eau donne rapidement une sensation pénible qui devient bientôt intolérable ; la peau rougit et la rubéfaction peut être assez intense pour déterminer tardivement une exfoliation d'ailleurs passagère.

La balnéation est donc un moyen thérapeutique puissant, mais il ne devrait pas être le seul employé à Moulay-Yacoub, car les sources de la station marocaine se-

raient d'une utilité plus grande encore si l'installation hydrothérapique était moins primitive.

En effet, la composition sulfureuse des eaux permettrait leur emploi dans les voies respiratoires par introduction directe grâce à la pulvérisation ou au humage et la douche nasale interviendrait efficacement dans les inflammations chroniques des premières voies aériennes.

Rien n'a été tenté pour améliorer ces affections ; bien plus, dans le traitement des maladies qui sont soignées à Moulay-Yacoub, aucune surveillance médicale ne s'exerce et la cure hydrominérale s'effectue au gré de chacun, pas toujours sans dangers, et souvent sans résultats.

---

## CONCLUSIONS

---

Les eaux minérales de Moulay-Yacoub sont des eaux thermales ( $T = 55^{\circ}$ ) chlorurées sodiques fortes (Sels = 30 gr. 4 par litre), et sulfureuses. Le chlorure de sodium y est accompagné de quantités appréciables de chlorures de calcium et de magnésium.

Elles semblent devoir résulter du lavage des couches salines des terrains secondaires par des eaux sulfurées sodiques, mais, sous des influences imparfaitement déterminées, le principe sulfuré se transforme rapidement et les sources dégagent spontanément une quantité notable d'hydrogène sulfuré.

Les eaux de Moulay-Yacoub ne contiennent aucun microorganisme, car elles sont, sur place, douées d'un pouvoir microbicide puissant qui s'oppose au développement de la flore bactérienne.

Par leur action stimulante et antiseptique, elles sont particulièrement indiquées :

1° Dans les affections cutanées telles que : l'acné, le psoriasis, l'eczéma, le prurigo, les éruptions pustuleuses;

2° Dans la syphilis ;

3° Dans les affections rhumatismales ;

4° Dans la goutte.

*Vu le Doyen,*

*Vu le Président,*

RADAIS.

DELÉPINE.

*Vu et permis d'imprimer :*

*Le Recteur de l'Académie de Paris,*

P. APPELL.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- H. ABOULKER. — Utilisation des eaux thermo-minérales de l'Algérie etc... — *Bull. médical de l'Algérie*, 21<sup>e</sup> année, 1920, p. 199-201.
- ABRARD (R.). — Sur une faune mésoliasique de Moulay-Yacoub (Maroc Occidental). — *C. R. Ac. Sc.*, Paris, 2<sup>e</sup> fév. 1920, t. 170, p. 278-279.
- ASTRIE. — De la médication thermale sulfureuse appliquée 1852.
- BATTANDIER (J.-A.) et TRABUT. — Flore analytique et synoptique de l'Algérie et de la Tunisie, Alger, 1902.
- BERNARD (A.). — Le Maroc, Paris, F. Alcan, 1918, 5<sup>e</sup> édition, avec 5 cartes hors texte.
- BERNON (J.-E.). — De l'action nuisible des eaux sélénito-magnésiennes du Nord Africain et de leur purification. — *Thèse de Bordeaux*, 1897-98 (n<sup>o</sup> 43).
- BERTIER (L.). — De l'emploi des eaux sulfureuses dans le traitement de la Syphilis, *Thèse de Paris*, 1905.
- BOIGEY (D<sup>r</sup> M.). — Le Massif de Béni Snassen (Maroc Oriental), géographie physique, climatologie, ethnographie. — *Thèse sciences* (Université), Paris, 1911-1912, n<sup>o</sup> 72, série A, n<sup>o</sup> 693 (sic).
- BRIVES. — Explorations sur le Maroc occidental. — *Bull. Soc. géograph.*, Alger, 2 et 3, de 1902, avec cartes.
- BRUNHES (JEAN). — Etude de Géographie humaine : l'irrigation, ses conditions géographiques, ses modes et son organisation dans la péninsule Ibérique et dans l'Afrique du Nord. — *Thèse Fac. Lettres*, Paris, 1901-1902.
- CAVILLE (M.). — Le Maroc et les perspectives économiques de l'Europe, in-8 (vin-162, p. Grenoble, *Thèse Doct. droit*, 1908-1909.
- CHASPOUL. — Contribution à l'étude des eaux sulfureuses de Digne. — *Thèse de pharmacie Univ.*, Lyon, 1908-1909, n<sup>o</sup> 53 (78 p.).

- COUDRAY. — Les eaux minérales en Algérie. — *Bull. médical de l'Algérie*, Alger 1913, XXIV, 783-787.
- CURIE et LABORDE. — Sur la radio-activité des gaz qui se dégagent de l'eau des sources thermales. — *C. R. Ac. Sc.*, Paris, 9 mai 1904, t. 138, p. 1150-1153.
- D'ANFREVILLE. — Essai sur la climatologie et la démographie de Casablanca. — *Bul. Soc. Pathol. exotique*, Paris, 1919, XII, 525-530.
- DESMOULIÈRES (A.). — Du rôle des eaux sulfurées dans le traitement mercuriel. — *Revue des maladies de la nutrition*, 1904, n° 9.
- Douzens. — Méllahs Marocains. (1906-1908). Etude générale, morbidité, syphiligraphie, épidémiologie, mœurs. — *Bull. médical de l'Algérie*, Alger, 1913, XXIV, 201-215.
- DURAND-FARDEL. — Traité thérapeutique des eaux minérales et de leur emploi dans les maladies chroniques, 1862.
- DUHOURCAU. — Caunterets, ses eaux minérales et leurs effets curatifs.
- DUROCHER (M.-J.). — Observations sur le gisement et l'origine des eaux sulfureuses pyrénéennes. — *Bull. Soc. géol. France*, 1852-53, t. 19, (2), p. 425.
- DRESCH. — Cure intensive de la syphilis aux eaux sulfureuses. — *La Gazette des Eaux*, Paris, 3 juillet 1909, p. 302.
- DRESCH. — Des cures thermales sulfureuses. — *Congrès de Médecine de Toulouse*, Paris, 1903, p. 39.
- DRESCH. — Des cures intercalaires de la syphilis aux eaux sulfureuses, Paris, 1899.
- EGASSE et GUYENOT. — Eaux minérales naturelles autorisées de France et d'Algérie.
- FLAMAND (G.-B.-M.). — Recherches géologiques et géographiques sur le haut pays de l'« Oranie » et sur le « Sahara » (Algérie et territoires du Sud). — *Thèse Fac. Sciences*, Lyon, 1911-1912 (n° 47).
- FLORENTIN. — Etude des eaux minérales sulfurées et en particulier de la source sulfurée de Dolaincourt (Vosges), in-8 132 p. — *Thèse Fac. Méd.*, Nancy, 1906 (n° 18).
- FLOTTE DE ROQUEVAIRE. — Voyage d'étude de Tanger à Meknès, à Fez, et retour. — *Moniteur du Commerce*, n° 1001.
- FILHOL. — Etude de l'eau sulfureuse du vieux Gamarde. — *Bull. de l'Acad. de Méd.*, 27 mars 1883.

- FONTANA BERTHE-GEORGES. — La France au Maroc (L'œuvre du général. Lyautey), 1 vol. in-8, Armand Colin, Paris, 1919.
- GARRIGOU (F.). — Etat colloïdal des métaux dans les eaux minérales ; Oxydases naturelles, leur action thérapeutique. — *C. R. Ac. Sc.*, Paris, 25 avril 1904, t. 138, p. 1067-1069.
- GAUTIER (A.). — Origine des eaux thermales sulfureuses sulfosilicates et oxysulfures dérivés des silicates naturels. — *C. R. Ac. Sc.*, Paris, 1909, t. 132, p. 740-746.
- GAUTIER (A.). — Produits gazeux dégagés par la chaleur de quelques roches ignées. — *C. R. Ac. Sc.*, Paris, 1900, t. 132, p. 58-64.
- GENTIL (L.). — Le Maroc physique, Paris, 1912.
- GENTIL (L.). — Sur la structure du plateau Béni M'tir (Maroc central). — *C. R. Ac. Sc.*, Paris, 12 janvier 1914, t. 158, p. 146-149.
- GENTIL (L.), LUGEON et JOLEAUD (L.). — Géologie sur l'existence de grandes nappes de recouvrement dans le bassin du Sebou (Maroc). — *C. R. Ac. Sc.*, Paris, 4 février 1918, t. 166, pp. 217-219.
- GAUTIER. — Origine des eaux thermales sulfureuses. Sulfosilicates et oxysulfures dérivés des silicates naturels. — *C. R. Ac. Sc.*, Paris, 1901, pp. 132-740.
- GENTIL (L.). — Exploration au Maroc, dans le Bled el Siba (223 fig.). — Paris, Masson et Cie, édit. 1906.
- GENTIL, LUGEON et JOLEAUD. — Sur l'existence d'une nappe triasique indépendante dans le bassin du Sebou (Maroc). — *C. R. Ac. Sc.*, Paris, 18 mars 1918, t. 166, pp. 472-474.
- GOULVEN (J.). — Le Maroc, les ressources de ses régions, sa mise en valeur, préface de A. Terrier. — Paris, Larose, 1919.
- GOURNAY. — Les Arabes et la médecine. — *Thèse Fac. Méd.*, Montpellier, 1908-1909.
- IZARD (PAUL). — Contribution à l'étude des eaux thermales de Hammam bou Hadjas, Province d'Oran, Algérie. — *Thèse Doct. Un. (Pharmacie)*, Montpellier, 1908-1909.
- KOBYLINE (W.). — Syphilis et eaux sulfureuses. — *Gazette des Eaux*, Paris, 7 septembre 1899, p. 407-411.
- LABRE (M.). — Action du humage des vapeurs sulfureuses sur les oxydations de l'organisme. — *C. R. Soc. Biol.*, 1904, t. 57, p. 378-80.

- LACAPÈRE. — La lutte contre la syphilis au Maroc. — *France-Maroc*, 15 février 1918.
- LAGNEAU (Pharmacien-Major) et SAVIN (Capitaine). — Une source thermale de la région de Fez. — Rapport du 6 mars 1918.
- LAPPARENT (A. DE). — Traité de géologie, Paris, 1906.
- LANNAY (L. DE). — Recherche, captage et aménagement des sources thermo-minérales, Paris, Baudry, édit. 1890, p. 367-371.
- LANNAY (L. DE). — Le sol et l'eau. — T. II, in *Traité d'hygiène*, Brouardel et Mosny, Paris, 1906, p. 39.
- LANDRIN. — Institut agronomique, analyse de la Source de Moulay-Yacoub, 1899.
- LARA-NOSKOWSKI. — Sulfhydrothérapie antimicrobienne. — *Lyon-Médical*, 1900.
- LE BRET. — Manuel médical des eaux minérales, 1874.
- LECOINTRE G.). — Sur la géologie du Djebel Outita et des environs de Dar bel Hamri (Maroc occidental). *C. R. Ac. Sc.*, Paris, 10 avril 1916, t. 162, p. 556-559.
- LIEUREUX (MARCEL). — Une station thermale au Maroc : Moulay-Yacoub. — *Le Caducée*, 4 avril 1914, p. 92-93.
- LINOSSIER (G.). — L'origine des eaux minérales. — *Gazette des Eaux*, Paris, 1919, t. IX, p. 80-83.
- LUTAUD (LÉON). — Observations tectoniques dans la zone pré-ri-faine du R'arb septentrional (Maroc). — Paris, n° 24, 13 juin 1921, t. 172, p. 1511-1513.
- MAIRE (R.). — La végétation des montagnes du Sud-Oranais. — *Travail du Laboratoire botanique Uni-V. Alger*. — Thèse 1916, p. 134-138.
- MALMEJAC (F.). — Les eaux dans les confins Nord-Marocain. — *Revue scientifique*, Paris, 1912, n° 10, 7 septembre, p. 300-302.
- MARTIN (G.). — La station de Hamman R'Hira (près d'Alger). Son climat, ses eaux chaudes, ses eaux froides. — *Bull. Médical de l'Algérie*, t. XX, 1909, p. 405.
- MOLINERY (R.). — Barèges : eaux sulfurées sodiques thermales. — *Gazette des Eaux*, Paris, 1915-17, t. VII, p. 199-202.
- MONTET (P.). — Explorations sur le grand Atlas et le sud Marocain. — *Mémoires de la Soc. Géographique*, Genève, Septembre 1902.

- MOUREU (CH.). — (Spectroscopie). Sur la composition chimique des mélanges gazeux radioactifs qui se dégagent de l'eau de quelques sources thermales. Présence de l'hélium. — *C. R. Ac. Sc.*, Paris, 1904, t. 139, 21 nov., p. 852-855.
- NOIX (J.). — Un effort nécessaire pour l'organisation des stations thermales et climatériques Françaises. — *Le Concours Médical*, Paris, 18 Déc. 1921, p. 3415-3418.
- PERVINQUIÈRE (L.). — Etude géologique de la Tunisie centrale. — Paris, *Thèse Doct. Sc.*, 1902-1903.
- PFEIL (VON). — Observations géographiques au Maroc. *Mitteilungen Soc. géogr.*, Iéna, août 1902.
- PIQUET (VICTOR). — Le Maroc, géographique et historique avec 5 cartes hors texte. — Armand Colin, Paris 1919.
- POMMIER (C. A.). — De la constitution physique et chimique des eaux minérales du département des Vosges et en particulier de quelques sources peu connues. — *Thèse pharm.*, Paris, 1854.
- RANQUEROL (J.). — Contribution à l'étude des eaux dans la région de Tunis et le Sahara Tunisien, principalement au point de vue de l'hygiène. — *Thèse Doct. Méd.*, Paris, 1896-97.
- RAYNAUD. — Déchloration et Syphilis chez les arabes du Maroc. — *Le Caducée*, Paris, 16 avril 1904, p. 107.
- REGELSPERGER (G.). — La mission hydrographique du Maroc. — *La Nature*, 1908, II pp. 183-186.
- REGELSPERGER (G.). — Rabat-Salé et la région, I vol. in-8 ill., publié par le *Comité d'initiative de Rabat-Salé*. — Imprimerie de l'*Echo du Maroc* ; Rabat, 1917.
- REYNAUD (Ct.). — Le Maroc oriental et Septentrional. — Conférence. Fac. Sc. Marseille, 11 juin 1912. — *Bull. Soc. Géogr. et d'études coloniales de Marseille*, N° 1, 1<sup>er</sup> trimestre 1912, Tome XXXVI, pp. 76-80.
- RICARD. — Une ville d'eaux Marocaine. — *France-Maroc*, 1917.
- SCHOUS (EVE). — Observations sur le régime végétal recueillies pendant un voyage dans l'Empire du Maroc en 1789 et 1790 (en danois) 1899. — Traduction allemande par Von WARHUSSEN, Copenhague, 1892.
- DE SÉGONZAC. — Exploration du Riff et des Brabers (Maroc). — *Bull. Soc. Géogr. Marseille*, 1902, t. XXVI, p. 321.
- Exploration des Brabers. — *Bull. Soc. Géographie*, Alger, 2, 1902.

- SENAC LAGRANGE. — Sur les préjugés encore régnants à l'endroit des actions thérapeutiques des eaux sulfureuses. — *Gazette des Eaux*, Paris, 1905, p. 77-78.
- SUSINI (M.-A) (de Berrouaghia). — La source d'Hamam-Berrouaghia. — *Bull. médical de l'Algérie*, 1909, t. XX, p. 415.
- SUSINI (A.). — La source des « Eaux chaudes » ou « Hamam-Berrouaghia ». — *Bull. médical de l'Algérie*, 1909, t. XX, p. 727-734.
- TACQUIN (A.). — Medecine in Maroco. — *British medical Journal*, London, 1917, I, p. 384-387.
- TOMMASINA (Th.). — Sur le dosage de la radio-activité temporaire pour son utilisation thérapeutique. — *R. Ac. Sc.*, Paris, 7 novembre 1904, tome 139, p. 728-729.
- TRINQUIER (J.). — Etude sur les Eaux sulfureuses de Thuès-les-Bains (Pyrénées-Orientales). — Montpellier, *Thèse Pharm.*
- ED. VIDAL. — Des modes d'utilisation des Eaux minérales sulfureuses dans le traitement de la syphilis. — *Gazette des Eaux*, Paris, 6 mars 1902, p. 73-76.
- VIDAL (A.) et DELLUC (D'Ain-Sefra). — Les Eaux thermales d'Ain-el-Ouarka (Sud oranais). — *Bulletin médical de l'Algérie*, t. XX, 1909, p. 415.
- VINAY (V.-S.). — Sull origine delle acque naturali e minerali. *Idrologia e climatologia*, Firenze, 1916, XXV, 290-295.
- VINCENT (L.). — Le Maroc au point de vue de la Climatologie médicale. — *Revue d'Hygiène et de Police sanitaire*, Paris, XXVI, 1904, p. 610-620.
- VOISIN (P.). — Etude sur les eaux minérales de l'Algérie. — *Thèse Pharm.*, Montpellier, 1893-94.
- WARMING (E.). — Om nogle ved Danmarks kyster levende Bacterier ; Kjöbenhavn, 1876.
- WEISGERBER. — Explorations sur l'Oum R'bia et les environs de Fez. — *La Géographie*, 1902, avec cartes.



